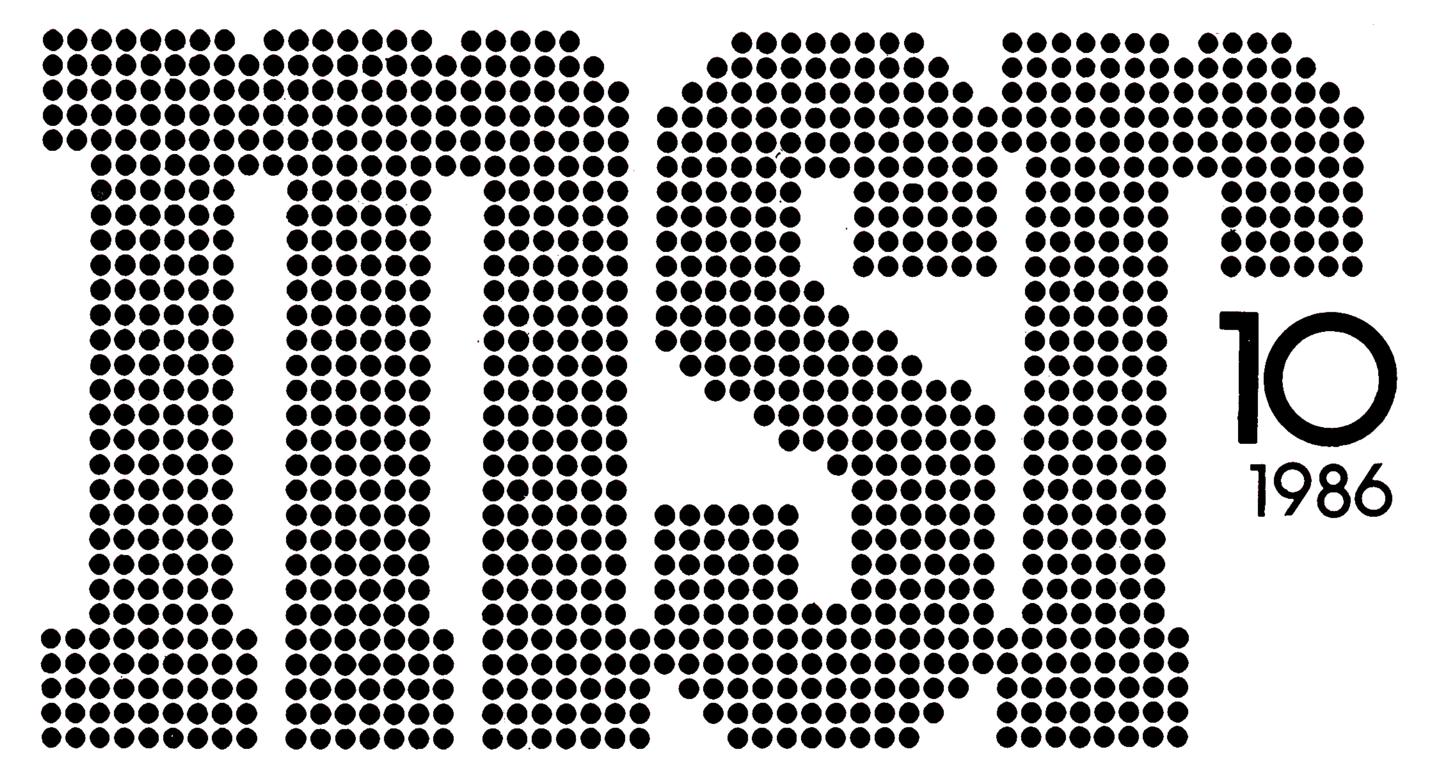
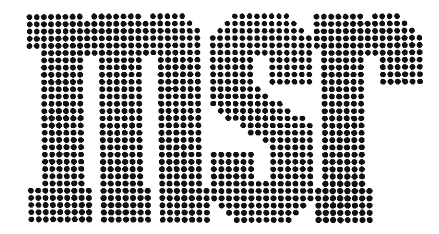


messen · steuern · regeln

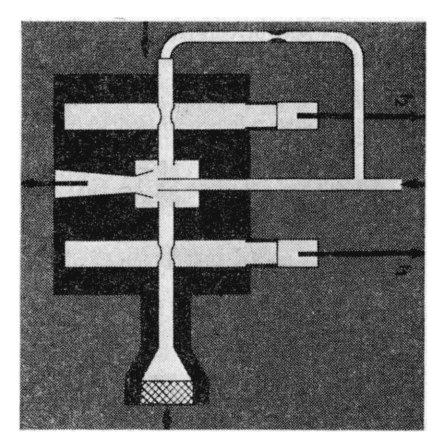


VEB
Verlag Technik
Berlin
EVP: 4,- M



messen·steuern·regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik



Der Messung der Abluftfeuchte kommt volkswirtschaftliche Bedeutung zu. Erschwerend wirkt die Verschmutzung der Abluft. Der in unserem Titelbild schematisch dargestellte Sensor nutzt die Änderung der Schallgeschwindigkeit aus.
In unserem Beitrag auf S. 452 erfahren Sie Näheres zu den Eigenschaften des Sensors, der sich in industriellen Trocknungsprozessen bewährt hat.

Titelgrafik: *G. Schwesinger*

Herausgeber:

Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT

10

29. Jahrgang
Oktober 1986

VEB
VERLAG TECHNIK

AUFSÄTZE

ISSN 0026-0347

F. Müller

Lokale Testverfahren zur Fehlerdiagnose in rechnergestützten Automatisierungssystemen

0. Einleitung

Die Nutzungsmöglichkeiten der Rechentechnik werden in zunehmendem Maße durch die sich ständig weiterentwickelnde Mikroelektronik und Mikroprozessortechnik bestimmt. Durch die neuentstehenden Verwendungseigenschaften und Leistungsmerkmale mikroelektronischer Schaltkreise sind neue Anwendungsbereiche entstanden:

- Netzstrukturen zur informationellen Kopplung (z.B. Auskunfts-, Beratungs- und Büroautomatisierungssysteme)
- Prozeßleitsysteme mit hierarchischer Struktur (z.B. System audatec, robotron A 6492)
- Autonome Einzelanwendungen (z.B. Meß-, Steuer- und Regelprozessoren; intelligente Sensoren).

In steigendem Maße werden allen Bereichen auch sicherheitsrelevante Aufgaben übertragen. Die Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit der erwähnten Verbundsysteme auf der einen Seite und vor allem die zuverlässige und sichere Funktion der dezentralen Basiseinheiten auf der anderen Seite werden mehr und mehr durch die Zuverlässigkeit der Mikroprozessorsysteme selbst bestimmt [14].
Die Fragen der globalen Zuverlässigkeitssicherung einer Betrachtungseinheit sind damit heute von vorrangiger Bedeutung. Den Anwendungen, die direkt mit dem Prozeß gekoppelt sind (on-line) bzw. darüber hinaus aktiv in ihn eingreifen (z.B. Steuer- und Regeleinheiten), kommt dabei aus Sicherheitsinteresse ein Primat zu [1].
Welche zuverlässigkeitsverbessernde Maßnahmen können in Betracht gezogen werden?
Aus fehlertheoretischer Sicht werden für die Erhöhung der Zuverlässigkeit elektronischer Geräte im wesentlichen drei Hauptkomplexe gesehen:

a) Fehlerverhinderung und Fehlervermeidung durch vorbeugende Maßnahmen (Prophylaxe)
b) Fehlererkennung und Fehlermarkierung durch Diagnose
c) Fehlertolerierung durch Redundanz und Diversität.

Bei Rechnersystemen sind diese Komplexe jeweils für das Gebiet der Hard- und Software anzuwenden, aber nicht voneinander losgelöst zu betrachten.
Der Komplex a) beinhaltet umfangreiche Festlegungen und Vorschriften bezüglich Entwurfs- und Fertigungstechnologien sowie Prüf- und Stichprobenverfahren. Im Komplex b) sind alle Verfahren der Fehlerdiagnose in Form von Selbst- und Fremdtests vor und während des Betriebes der Betrachtungseinheit zusammengefaßt. Aufbauend auf den Fähigkeiten der Fehlererkennung und Fehlermarkierung durch Komplex b) ermöglicht der Komplex c) bei Fehlerauftreten das Auslösen von geeigneten Gegenmaßnahmen zur Aufrechterhaltung der Systemspezifikation.
Aus heutiger Sicht muß deshalb gefordert werden, daß für die Entwicklung und den Betrieb eines zuverlässigen Systems alle drei Komplexe im Zusammenhang zur Anwendung kommen. Besonders unter strikter Ausnutzung der „Eigenintelligenz" der Rechnersysteme (z.B. Selbsttestverfahren) lassen sich die Komplexe b) und c) ökonomisch vorteilhaft anwenden und führen zu einem effizienten Konzept der Zuverlässigkeitssicherung.
Ausgehend von einer allgemeinen Betrachtung der Teststrategien und -verfahren sollen einige praktische Erfahrungen für die Anwendung von Selbsttestverfahren auf U880-Systemen vermittelt werden. Hauptanliegen ist die Erhöhung der Sicherheit bestehender Prozeßrechnersysteme durch die Nutzung von Diagnose- und Testverfahren zur Fehlererkennung und Fehlermarkierung.

Dipl.-Ing. *Frank Müller* (34) studierte von 1974 bis 1978 an der Sektion Informationstechnik, Bereich Nachrichten- und Rechentechnik, der TU Dresden. Seit 1978 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Prozeßrechentechnik, Bereich Reaktorphysik, im Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf der AdW der DDR tätig.

1. Einstufung und Einteilung der Testverfahren

Prinzipiell besteht bei hochintegrierten Schaltkreisen der Mikrorechentechnik das Problem, eine Vielzahl von Gatterfunktionen einschließlich Verdrahtung über nur eine sehr begrenzte Anzahl von Pins testen zu müssen.
Darüber hinaus machen die entstehenden möglichen Schaltzustände einen vollständigen Test von vornherein unmöglich.
Entscheidend ist also die Auswahl geeigneter Testmuster, Testsequenzen bzw. Testverfahren mit maximaler Fehlererkennungswahrscheinlichkeit. Zu jedem Verfahren sollte eine Abschätzung vorliegen, die die Menge der erkennbaren und nichterkennbaren Fehler eingrenzt [11].
Weiterhin muß eine Unterscheidung der Testverfahren bezüglich der Sicht des Herstellers und der des Anwenders vorgenommen werden. Während der Hersteller mit Kenntnis der inneren Struktur auf der Ebene der Halbleiterschichten, Transistoren und Bausteine testet, interessiert sich der Anwender für Tests der logischen Funktion bzw. Spezifikation der Bausteine und Systeme [4].
Wesentlich ist die getrennte Betrachtung des Einsatzes der Testverfahren in verschiedenen Betriebsphasen:
vor der Inbetriebnahme bzw. bei Aussetzbetrieb (off-line), während der Inbetriebnahme bzw. bei Systemanlauf (quasi-online) oder während des Betriebes des Systems (on-line).

1.1. *Testverfahren zur Gewährleistung der Bauelementeverfügbarkeit*

Diese Testverfahren sind dadurch gekennzeichnet, daß sie die zuverlässige Funktion der Bauelemente vor dem eigentlichen Betriebseinsatz gewährleisten sollen (im Sinne vorbeugender Maßnahmen) [11].
Der Schwerpunkt für die Anwendung dieser Verfahren liegt somit auf der Seite des Bauelementenherstellers. Im Rahmen umfangreicher Prüf- und Stichprobenstrategien kommen speziell für elektronische Bauelemente folgende Verfahren zur Anwendung [2]:

a) Gleichspannungstest
   - Messung der Ein- und Ausgangspegel
b) Temperaturstreß
   - künstliches „Voraltern" bei 150 °C (> 24 h)
   - Temperaturzyklus, durch Wechsel von Erhitzung und Abkühlung (10 Zyklen zu je 2 × 10 min)
   - elektronischer Funktionstest bei erhöhter Temperatur
c) Spannungsstreß
   - kurzzeitige Erhöhung der Spannungen um etwa 50% über die spezifischen Grenzwerte (1 bis 2 s)
   - Kombination mit Temperaturstreßverfahren.

Durch Eliminierung der dabei ermittelten defekten Bauelemente können Ausfallraten erreicht werden, die im Bild 1 qualitativ dargestellt sind. Die Praxis hat gezeigt, daß sich diese Verfahren auch auf der Seite des Anwenders mit gutem Erfolg und vertretbarem Aufwand realisieren lassen.

1.2. *Testung durch spezielle Hardwarestrukturen*

Die unter dieser Rubrik zusammengefaßten Testverfahren setzen voraus, daß sie bereits bei der Entwicklung bzw. dem Aufbau des Systems oder Schaltkreises in Form von Hardwarestrukturen implementiert werden.
In der komfortabelsten Stufe werden komplette Prüf- und Signaturstrukturen gemeinsam mit dem eigentlichen „lay out" auf einem Chip integriert [13]. Dem Anwender des Schaltkreises wird dann lediglich das Ergebnis des umfangreichen Eigentests nach außen gemeldet. In einer abgerüsteteren Stufe sind z.B. auf dem betreffenden Schaltkreis oder der Baugruppe bestimmte Schieberegister angeordnet, die die Schaltzustände von Testpunkten aus dem Schaltnetz einspeichern und dem Anwender in serieller Form nach außen zur Verfügung stellen [2] und [10].

Möglich ist auch der Vergleich bestimmter Bussignale mit programmierbaren Logikmatrizen, um z.B. ein bestimmtes Busspiel zu überwachen [5] und [7].
Eine Form der Systemüberwachung, die besonders als Nachrüstung konventioneller Mikrorechnersysteme Anwendung findet, ist die sogenannte "Watch-dog"-Schaltung. Durch ein von der Systemsoftware periodisch erzeugtes „Lebenszeichen" wird die Überwachungsschaltung getriggert. Bei Ausfall dieses Triggerimpulses oder Überschreitung der Überwachungszeit löst die Schaltung ein externes Alarmsignal aus [8].
Ähnlich ist die Funktion der Spannungsüberwachung einzuschätzen. Bei Absinken der Spannung unter einen bestimmten Grenzwert wird dem Rechner ein Interruptsignal zugeführt (z.B. NMI), das es ermöglicht, in der durch die Tiefpaßwirkung der Netzteile erreichten Reservezeit wichtige Datensätze in resistente Speicherbereiche zu übertragen und das Rechnersystem definiert zu stoppen. Nach Spannungswiederkehr ist eine kontinuierliche Weiterarbeit möglich (Restart-Verhalten).
Eine weitere bekanntgewordene Möglichkeit der Testung bzw. Überwachung der Systemarbeit durch Zusatzhardware sind Schaltungsanordnungen zur Adreßüberwachung. Bei Ansprechen verbotener Adreßbereiche wird ein Alarmsignal ausgelöst [2].

1.3. *Testung durch Softwaremodule*

Bei der Testung durch Softwaremodule besteht der Vorteil darin, daß keine bzw. nur geringfügige Zusatzhardware für ein konkretes System vorausgesetzt wird. Die Testmodule können an eine Vielzahl bereits bestehender Hardwaresysteme und -strukturen angepaßt werden. Gleichzeitig ist eine Auf- oder Abrüstung der Module je nach geforderter Aussage bzw. Einsatzfall möglich.

1.3.1. Fremd- und Vergleichstest

Der Fremd- und Vergleichstest geht immer von einem Vergleich zwischen Ist- und Sollsignal aus. Das Sollsignal kann sich auf einem geeigneten Speichermedium befinden, oder es wird (in den meisten Fällen) durch ein Prüf- und Bezugsexemplar erzeugt. Dieses Prüfexemplar muß selbst sehr zuverlässig sein ("golden device"), da von ihm ausgehend Rückschlüsse auf die Funktion des Prüflings gemacht werden. In gewissem Umfang kann man auch die bei redundanten Mehrprozessorsystemen angewendeten m-aus-n-Vergleichsoperationen zu den Fremd- bzw. Vergleichstests zählen. Im Rahmen dieses Beitrages soll darauf nicht näher eingegangen werden.

1.3.2. Selbsttestverfahren

Entscheidend für die Kennzeichnung der Selbsttestverfahren ist, daß der Prozessor selbst die Ablaufsteuerung des Tests unter Nutzung des eigenen Befehlssatzes übernimmt. Der Aufwand ist damit geringer als beim Fremdtest. Die Selbsttestverfahren sollen hier im Sinne des Selbsttests des Rechnergesamtsystems betrachtet werden, d. h., in die Testung sollen alle direkten Hardwarebestandteile des Systems, wie Bus, Prozessor, Speicher und E/A-Schnittstellen, ohne umfangreiche Kenntnisse der inneren Architektur der Prüflinge einbezogen werden. Die gewonnenen Testergebnisse können durch das Rechnersystem selbst in einer geeigneten Art und Weise angezeigt oder bei Rechnerverbundsystemen zur Fällung weiterer Entscheidungen (z.B. Rekonfiguration) genutzt werden.
Um dem Ziel der Fehlersuche, ohne Kenntnis über den jeweiligen Fehlerzustand zu diesem Zeitpunkt, gerecht zu werden, muß der Testablauf so konzipiert werden, daß trotz des nicht vollständig funktionsfähigen Rechners etwaige Fehler erkannt und definiert angegeben werden. Die Forderung nach einem determinierten, kausalen Testprogrammablauf kann damit eindeutig begründet werden. In der Literatur hat sich übereinstimmend folgende Herangehensweise durchgesetzt [2] und [5]:

a) Gliederung des Rechners in Testobjekte
b) Definition des Testkerns
c) Bestimmung der Testreihenfolge.

Für die Testreihenfolge wird das sogenannte „Bootstrapping-Prinzip" genutzt, indem zu testende Objekte durch vorher getestete Teilobjekte getestet werden. Nur der Testkern besteht aus Komponenten und Elementen des Rechners, die zum Test des ersten Testobjektes notwendig sind und von vornherein als funktionsfähig definiert werden müssen. Dieser Testkern ist zu minimieren [7].
Unter Einbeziehung der genannten Richtlinien und der Berücksichtigung der prinzipiellen Rechnerarchitektur hat sich folgender Grobablauf für den Inbetriebnahmetest als günstig erwiesen:

— Bustest
— Prozessortest
— Speichertest
— E/A-Systemtest.

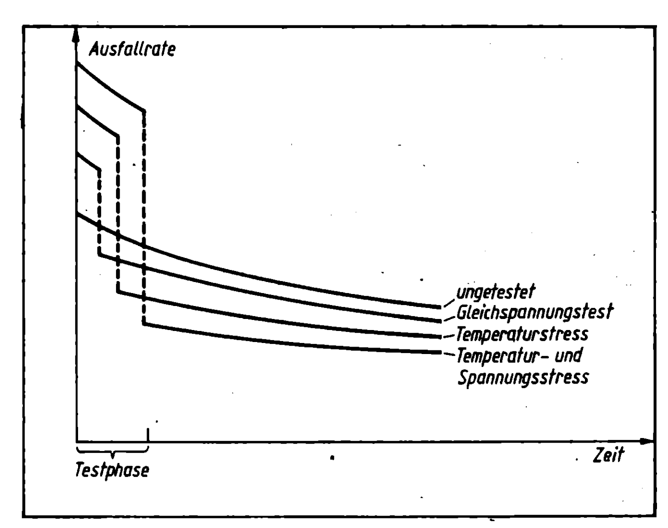


Bild 1. Einfluß unterschiedlicher Testverfahren auf die Ausfallraten integrierter Schaltkreise (nach [2])

Diese 4 Grundkomplexe lassen sich durch eine Vielzahl einzelner Verfahren und Abläufe untersetzen. Gleichzeitig wird deutlich, daß es eine enge Verflechtung der Module geben muß, um ein optimales Testergebnis zu erreichen.
Der in [2] und [5] beschriebene Datenbustest geht davon aus, daß aufgrund der großen Anzahl von Steckkontakten und der großen Anzahl von weniger hochintegrierten Bausteinen mit Signalquellencharakter sowie großer Leitungslängen die Fehlerwahrscheinlichkeit des bidirektionalen Datenbusses sehr hoch ist. Außerdem ist der Datenbus ein Grundglied für die Ausführung des Prozessorgrundablaufes:

→ Lesen des Befehls
↓
evtl. Lesen von Operanden
↓
— Ausführen des Befehls.

Oft ist dieser Testschritt als Testkern ausreichend.
Für den Komplex des Prozessorselbsttestes gibt es in der Literatur eine große Vielfalt von Verfahren und Untersuchungen [4] [6] [7] [10] und [12]. Das in [12] ausführlich beschriebene funktionsorientierte Selbsttestverfahren geht von folgenden Hypothesen aus:

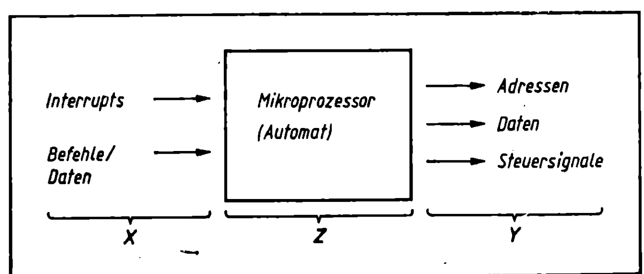
— Die Funktion eines Mikroprozessors wird durch seinen Befehlssatz vollständig beschrieben.
— Jede Fehlfunktion eines Mikroprozessors äußert sich in einer von seiner Definition unterschiedlichen Ausführung mindestens eines Befehls.

Unter der Betrachtungsweise der Automatentheorie ergeben sich für einen Mikroprozessor die im Bild 2 dargestellten Zuordnungen der Begriffe zu den Signalen. Durch Erweiterung der Modellvorstellung mit Berücksichtigung der Befehlsverarbeitung und Einbeziehung von Speicher und Überwachungsschaltung gelangt man zu der Aussage, daß die Ausgänge des Prüflings nicht explizit getestet werden müssen, sondern die einzelnen Zustände (Z_t) des Prüflings hinreichende Informationen über dessen Reaktion liefern.
Das Selbsttestprogramm eines Mikroprozessors wird nach [12] demzufolge als geordnete Folge von Zuständen verstanden, die

Bild 2. Zuordnung der Mengenbegriffe der Automatentheorie zu den Signalen des Mikroprozessors (nach [12])

X Menge der Eingangsgrößen; Y Menge der Ausgangsgrößen; Z Menge der inneren Zustände; für den Maschinenzyklus des Prozessors gilt:

$$Z_t = \delta(Z_{t-1}, X_t); \qquad Y_t = \lambda(Z_{t-1})$$



nur im fehlerfreien Fall vom Anfangs- bis zum Endpunkt durchlaufen wird. Die einzelnen Testabschnitte des Selbsttestprogramms stellen dabei eine Menge von Befehlen dar, bei deren Ablauf eine ungetestete Funktion f_x durch eine getestete Funktion f geprüft wird. Folgende Einteilung der Testabschnitte wird in [6] vorgeschlagen:

- Grundtestsatz (gegenseitiger Test ohne Voraussetzungen)
- Transferbefehle
- Registerbefehle
- Sprungbefehle
- Logische Operationen
- Arithmetische Operationen
- Unterprogrammbehandlung
- Interruptbehandlung.

Für den Komplex der Speichertests ist zu beachten, daß es neben Defekten einzelner Bits oder Bytes durch Adressier- bzw. Dekodierfehler zur Beeinflussung ganzer Zellen oder Spalten (je nach Speicherorganisation) kommen kann. Auch die Beeinträchtigung benachbarter Speicherzellen und Auswahlleitungen ist zu erwarten. Die verwendeten Testverfahren müssen diesen Fakten Rechnung tragen.
Auf dem Gebiet der Festwertspeichertestung (EPROM, PROM, ROM) hat sich die Kennzeichnung mit Prüfsummen durchgesetzt. Neben der einfachen übertragslosen Addition aller Speicherinhalte bietet die Anwendung von geeigneten Generatorpolynomen eine größere Fehlererkennungswahrscheinlichkeit. Um bei Schreib-/Lesespeichern (RAM) die oben aufgeführten Fehlermöglichkeiten zu berücksichtigen, ist ein größerer Aufwand nötig. Das angewendete Verfahren ist zum Teil von der inneren Struktur (Speicherorganisation) des Speicherbauelements abhängig. In [2] und [3] wird sehr ausführlich auf eine Vielzahl von Speichertestprogrammen eingegangen.
Der Komplex des Tests des E/A-Systems bezieht sich auf die Testung der Peripherie- und E/A-Bausteine. Bei diesen Bausteinen ist es nicht möglich, durch Selbsttestalgorithmen vom Prozessor aus das gesamte Funktionsspektrum zu kontrollieren. Die Kontrolle beschränkt sich im wesentlichen auf die Schreib- und Lesbarkeit der E/A-Register sowie auf die Funktionen des Interrupt-Systems der einzelnen Bausteine. Zur Kontrolle des Datenflusses bei E/A-Bausteinen ist in der überwiegenden Anzahl der Fälle eine Zusatzschaltung notwendig.

2. Anwendung ausgewählter Selbsttestverfahren für U880-Systeme

Entsprechend den vorher erläuterten allgemeinen Grundlagen wurde durch den Verfasser für ein fehlertolerantes Mehrprozessorsystem zur Prozeßsteuerung (über welches zu einem späteren Zeitpunkt berichtet werden soll) ein Programmpaket für den Selbsttest im Systemanlauf bzw. im Hintergrundbetrieb entwickelt [16]. Diese Selbsttestverfahren wurden auf dem Einplatinenrechner K 1520 M implementiert, sind aber für alle K-1520-Systeme (einschließlich ursadat 5000) gültig. Zusätzliche Hardwarevoraussetzungen sind lediglich das Unwirksammachen einer Ready-Überwachung und die Nutzung von Pull-up-Widerständen am Datenbus. Es wurde darauf geachtet, den Speicherplatzbedarf und die Rechenzeit in einer vertretbaren Relation zu den Anwenderprogrammen zu halten.
Grundprinzip des umfangreichen Anlauftestes ist die Ausgangsvorstellung von einem „komplett gestörten System". Das Programmsystem muß dabei Schritt für Schritt seine Funktionstüchtigkeit nachweisen. Auf eine Fehleranzeige kann und muß in den Anfangsstufen der Testsequenz verzichtet werden. Entscheidend ist die Verhinderung des weiteren Systemanlaufes und die definierte Stillegung des Prozessorsystems (HALT-Befehl). Die Laufzeit der Testmodule im Anlauf wird als unkritisch betrachtet.
Als a-priori-funktionstüchtiger Testkern wurden 14 Prozessorbefehle und die Ablaufsteuerung des Befehlszyklus (M1) definiert. Die Tafel gibt eine Übersicht zur Reihenfolge der generierten Testmodule.

2.1. Datenbustest

Für den Datenbustest wurde das in [5] beschriebene Verfahren angepaßt. Hierbei werden alle Stuck-at-0- bzw. Stuck-at-1-Einfachfehler des Datenbusses durch Unterscheidung des Befehlskodes um jeweils ein bit vom vorangegangenen und ein bit vom Halt-Befehl erkannt. Bei fehlerhaftem Halt-Befehl wird eine dynamische Halteschleife ausgeführt. Die eigentliche Operation der Befehle ist belanglos. Durch Versuche konnte nachgewiesen werden, daß dieser Algorithmus auch für einen bestimmten Teil von Mehrfachfehlern am Datenbus wirksam ist. Der Speicherbedarf des Datenbustestmoduls beträgt 52 byte beginnend mit der Adresse OH.

2.2. Prozessorselbsttest

Die in der Literatur erwähnten Prozessorselbsttestverfahren prüfen den Prozessor zwar außerordentlich gründlich und geben meist auch detaillierte Auskunft über die Fehlerquelle, der Speicher- und Rechenzeitaufwand steht aber oft in keinem realen Verhältnis zum eigentlichen Aufgabenspektrum des betreffenden Prozessors. Da der Prozessorselbsttestmodul häufig in der Einheit mit anderen Testmodulen (z.B. Speicher und E/A-Test) innerhalb einer Teststrategie angewendet wird, kann eine große Anzahl von Befehlen durch andere Testmodule mitbearbeitet werden. Der dann eventuell irreführende Ausweis als Speicherfehler ist zweitrangig. Der Prozessorselbsttestmodul wurde deshalb auf das Testen der Grundfunktion des Prozessors reduziert. Wiederum nach dem Bootstrapping-Prinzip werden die Teilschritte Grundtest Akku, Registerladen — Transfer sowie Flagbeeinflussung — Sprungbefehle durchgeführt.
Der Akku-Grundtest beinhaltet das Beschreiben und Lesen des A-Registers (einschließlich Tauschregister) mit einem kritischen Bitmuster (und dessen Komplement). Der Teilschritt Registerladen — Transfer nutzt das A-Register als Vergleichsregister und kontrolliert nach dem Laden den Inhalt jedes Registers (einschließlich Tauschregistersatz), wobei die nur als Doppelregister einsetzbaren Register (Index- und SP-Register) durch arithmetische Operationen getestet werden. Auf Testung des Refresh-Registers wurde verzichtet. Das Testprinzip des Teilschrittes Flagbeeinflussung — Sprungbefehle ist aus Bild 3 ersichtlich. Es wird auf alle relativ und absolut bedingten Sprünge mit der erfüllten und unerfüllten Bedingung angewendet. Alle unbedingten Sprünge werden in ihrer prinzipiellen Sprungfunktion überprüft. Der Speicherplatzbedarf dieses optimierten Prozessorselbsttestmoduls ist kleiner als $^1/_4$ Kbyte.

2.3. Speichertestmodule

Der Komplex Speichertest ist in einen umfangreichen „harten" Test vor dem Systemanlauf und einen reduzierten Test im Hintergrundbetrieb unterteilt.
Vor dem Anlauf müssen zunächst alle Speicherbereiche ihre Funktionstüchtigkeit nachweisen, bevor sie für die Systemarbeit nutzbar sind. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, daß alle Testmodule, die vor dem Test des System-Arbeitsspeichers liegen, ohne jegliche RAM-Speicherzellen (auch ohne Stack-Bereich!) auskommen müssen.
Zunächst sollen die unterschiedlichen Testprinzipien der PROM- und RAM-Bereiche im einzelnen erläutert werden.

PROM-Test

Jeder PROM-Chip wird vor der Programmierung mit dem CRC-Restpolynom der Polynomberechnung $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ belegt. Dieses Generatorpolynom (bekannt durch die serielle Datenübertragung) kann relativ einfach berechnet werden und garantiert eine hohe Fehlererkennungswahrscheinlichkeit [15].

Tafel. Übersicht Testmodule

	generierte Testmodule im Systemanlauf	Funktionstest
Ablauf ↓	Datenbustest	Transport von Befehlskodes und Daten
	Prozessorselbsttest	
	Grundtest	
	Registerladen — Transfer	Grundbefehle
	Flagbeeinflussung — Sprungbefehle	
	Speichertest	
	System-PROM	CRC-Restpolynom, Adressierbarkeit, Datenerhalt,
	System-RAM	Programmlauffähigkeit
	Nutzerbereiche	
	PROM/RAM (selbsterkennend)	speicherbezogene, arithmetische und logische Befehle
	E/A-Test	
	CTC-Baustein	E/A-Operationen der Bausteine
	PIO-Baustein	lt. Spezifikation
	SIO-Baustein	E/A-Befehle, Interruptorganisation,
	DMA-Baustein	Busanforderung
	generierte Testmodule im Hintergrundbetrieb	
fallende Priorität ↓	Speichertest	
	System-PROM/RAM (datenerhaltend) Nutzerbereiche	s. o.
	Prozessorselbsttest	s. o.
	E/A-Test	Teilfunktionen in „Ruhephasen"

Durch die erneute Polynomberechnung des Prozessors über den Gesamtbereich des PROM-Speichers kann für alle Speicherbereiche eine konstante Prüfsumme (CRC-Restpolynom) erreicht werden. Eine zusätzliche Abspeicherung von Prüfsummenlisten für die einzelnen Speicherbereiche kann entfallen.
Um eine falsche Zuordnung der Chips zu den Speicherbereichen (falls steckbar) durch den Anwender zu erkennen, trägt jeder PROM-Chip eine Positionserkennung in der Form: H (Bereichsanfangsadresse).
Aus Gründen der selbständigen PROM/RAM-Erkennung wurde festgelegt, daß jeder Anwender-PROM-Bereich mit einem NOP-Befehl (Code 0) zu beginnen hat.

RAM-Test

Der RAM-Test wurde in die Arten datenzerstörend (vorrangig für Anlauf) und datenerhaltend (vorrangig für Hintergrund) unterteilt. Beim datenzerstörenden Test werden durch ein speziell entwickeltes Verfahren der Datenfluß und die Adressierbarkeit des Speicherbereiches sowie der Datenerhalt der einzelnen Speicherzellen bei Manipulation benachbarter Zellen kontrolliert. Abschließend kann der gesamte Bereich auf Programmlauffähigkeit getestet und gelöscht werden.
Die durch den datenerhaltenden Test (Einzelzellentest) ermittelbare Fehlermenge ist im Vergleich zur vorher erwähnten Art wesentlich geringer. Einschränkend muß zu beiden Testarten gesagt werden, daß während des Laufes der Testmodule keine weiteren Aktivquellen (z.B. Interruptroutinen, DMA-Zugriffe u. ä.) die Speicherbereiche beeinflussen dürfen. Die gewählte Reihenfolge der einzelnen Speichertestmodule ist ebenfalls der Tafel zu entnehmen.
Eine Besonderheit beim Test des System-RAM-Bereiches stellen die durch Akkus gepufferten Rettungsbereiche zum System-Restart dar. Durch eine Sicherungssignatur mit CRC-Restpolynom wird entschieden, ob dieser Speicherbereich bei Systemanlauf mit dem datenzerstörenden Speichertest (Kaltstart) oder nur mit dem datenerhaltenden (Restart) belegt werden kann.
Bild 4 zeigt den prinzipiellen Ablauf des selbsterkennenden Speichertestregieprogramms und die möglichen Fehlermarkierungen. Durch diesen Algorithmus kann der Anwender jederzeit wählen, ob die vorgesehenen Speicherbereiche mit PROM- oder RAM-Schaltkreisen belegt werden oder unbenutzt bleiben sollen. Nach Erkennung der PROM- oder RAM-Zugehörigkeit werden die beschriebenen Prüfalgorithmen wirksam. Enthält ein PROM-Bereich auf der ersten Zelle nicht die Kodierung 0, wird der gesamte Bereich auf OFFH-Kodierung geprüft. Ist diese Bedingung erfüllt, kann zum nächsten Bereich übergegangen werden.

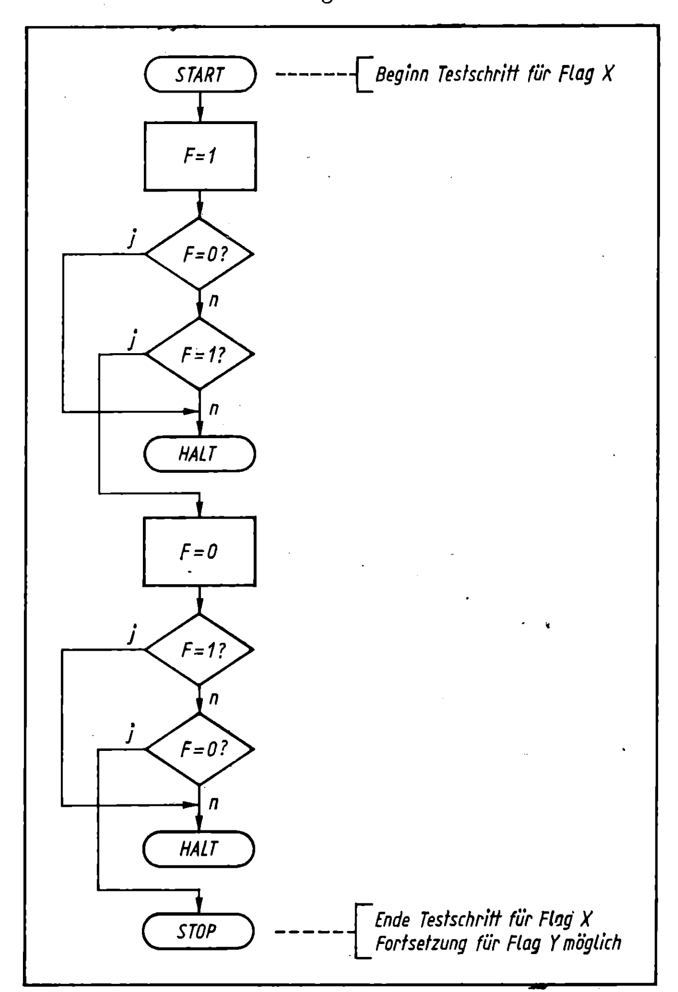


Bild 3. Ablauf Testschritt Flagbeeinflussung — Sprungbefehle

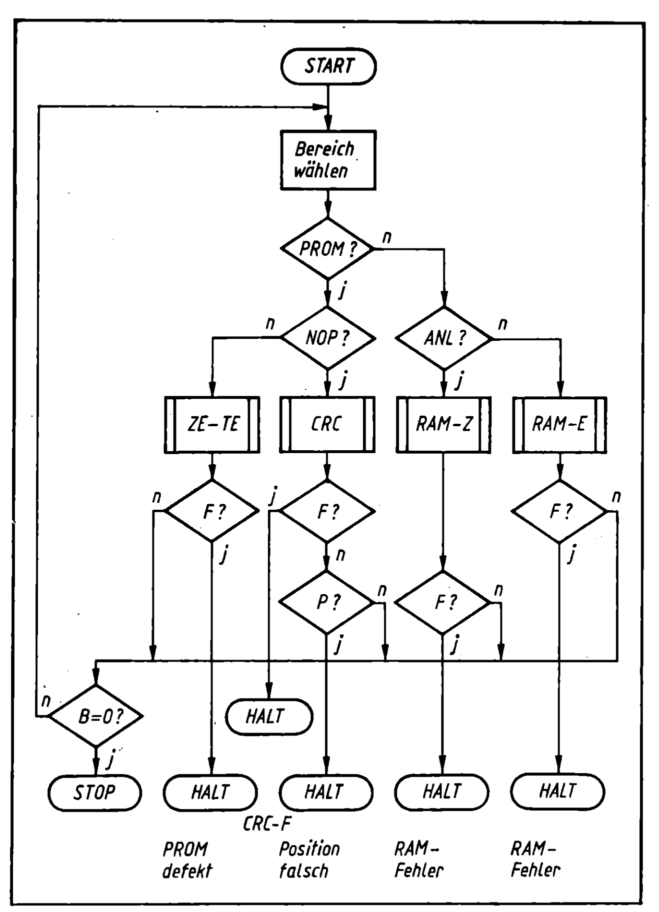


Bild 4. Ablauf des Speichertestregieprogramms

ZE-TE Addition aller PROM-Zellen; CRC CRC-Polynomberechnung; RAM-Z RAM-Test datenzerstörend; RAM-E RAM-Test datenerhaltend

2.4. E/A-Testmodule

Durch das Wirksammachen bestimmter Zusatzschaltungen können Datenflüsse über den E/A-Baustein im Kurzschlußbetrieb kontrolliert werden. Gleichzeitig werden damit auch die entsprechenden Funktionseinheiten des Prozessors getestet.
Zu Beginn des E/A-Testes wird das Interrupt-Vektorfeld vereinbart. Um das Auftreten von Fehlinterrupts (Fehler im Interruptsystem bzw. Vektorverfälschung) gezielt zu bearbeiten und zu markieren, wird vor jedem Initialisieren der einzelnen Schaltkreise das gesamte Vektorfeld mit einer Fehlerbearbeitungsadresse gefüllt. Da auch das Auftreten ungerader Vektoradressen angenommen werden muß, ist das Vektorfeld zweckmäßigerweise mit einer Fehleradresse der Art High = Low (z.B. 0101 H) zu füllen und um ein byte nach oben zu verlängern. Der Speicherplatzbedarf für alle E/A-Testmodule beträgt etwa $^1/_2$ Kbyte.

2.4.1. CTC-Baustein (U857)

Beim Zähler/Zeitgeber-Baustein werden die einzelnen Kanäle nacheinander für den Zeitgeber-Mode initialisiert. Der Prozessor überwacht entsprechend der ausgegebenen Zeitkonstante das Eintreffen des zugehörigen Interruptvektors. Als Fehler werden das Überschreiten der Zeitüberwachung und die Auslösung falscher Interruptvektoren markiert.

2.4.2. PIO-Baustein (U855)

Bei dem Parallel-Ein-Ausgabe-Baustein kann der Datenfluß ohne umfangreiche Zusatzschaltung nicht kontrolliert werden. Der Test beschränkt sich deshalb auf die Kontrolle der E/A-Register und die Auslösung von Interrupts in beiden Ports des Bausteins. Dazu wird der Baustein für den bitorientierten E/A-Mode (Mode 3) initialisiert und über eine Datenausgabe ein Interruptsignal provoziert. Als Fehler werden wiederum das Ausbleiben der einzelnen Interruptvektoren, die Verfälschung der E/A-Register und die Interruptvektorverfälschung markiert.

2.4.3. SIO-Baustein (U856)

Die Spezifikation des seriellen Interfacebausteins ermöglicht durch eine einfache und vom Aufwand her vertretbare Zusatzschaltung (z.B. Relais, Schalttransistor u. ä.) auch den Test der Datenübertragung im Kurzschlußbetrieb ($T \times D \rightarrow R \times D$). Zweckmäßigerweise wurde eine asynchrone Betriebsart (Startbit, 8 Datenbits, 1 Stoppbit) gewählt. Folgende Funktionen können überprüft bzw. als Fehler markiert werden:

- Unterbrechung Datenleitung
- Interruptsystem (einschließlich Vektorbildung)
- parallel-seriell-Wandlung
- Zeichensicherung.

Zur Ansteuerung der Kurzschlußverbindung wurden die Modemsignale (RTS, DTR) genutzt. Sofern diese Signale im Realbetrieb benötigt werden, muß auf andere bereits getestete Signale (z.B. über PIO) ausgewichen werden. Die Taktversorgung der Übertragung übernimmt der bereits getestete CTC-Baustein.

2.4.4. DMA-Baustein (U858)

Die Testung des DMA-Bausteins geschieht durch eine Speicher-Speicher-Transfer-Operation in wechselseitiger Richtung (entsprechende Speicherbereiche sind wiederum bereits getestet). Der Prozessor überwacht die Zeit der Übertragung bis zum Eintreffen des Ende-Interrupts, kontrolliert damit auch die Funktion der Busanmelde- und -abmeldezyklen und vergleicht die transferierten Speicherbereiche.
Als Fehler können markiert werden:

- Zeitüberwachungsfehler (Interruptsystem oder DMA-Steuerung)
- Interruptvektorfehler
- Datentransferfehler.

Zusammenfassung

Der Beitrag veranschaulicht, daß die Verfahren der Fehlerdiagnose ein praktikables Mittel darstellen, um konventionelle bzw. industriell gefertigte Rechnersysteme (z.B. K 1520, K 1520 M, ursadat 5000) nachträglich sicherer zu machen.
Obwohl die Ausfallraten der Einzelsysteme durch diese Maßnahmen nur geringfügig beeinflußbar sind, liegt die Bedeutung besonders bei der für Prozeßrechnersysteme angestrebten Vermeidung kritischer, undefinierter Zustände (im Sinne gefährlicher Prozeßzustände). Dies wird vor allem durch die Verkürzung des Zeitraumes zwischen dem Auftreten und dem Erkennen eines beliebigen Fehlers erreicht.
Darüber hinaus stellen die beschriebenen lokalen Testverfahren zur Fehlerdiagnose von Einzelsystemen einen ersten notwendigen Schritt dar, um die Prinzipien der Fehlertoleranz in einem redundanten Mehrprozessorsystem anwenden zu können. Erst die Fehlertoleranz dieses Systems führt dann zu einer spürbaren Erhöhung der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und damit wiederum auch der Sicherheit des Automatisierungssystems [17].

Literatur

[1] *Töpfer, H.; Kriesel, W.*: Einsatz intelligenter Meß- und Stelleinrichtungen in der Automatisierungstechnik. INTERKAMA 1983. Fachberichte MSR. Band 10. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1983.
[2] *Hedtke, R.*: Mikroprozessorsysteme. Zuverlässigkeit, Testverfahren, Fehlertoleranz. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag 1984.
[3] *Krake, H.*: Ein außergewöhnliches Speichertest-Programm. Mikrocomputer-Zeitschrift, München 2 (1982) 12, S. 33—41.
[4] *Hunger, A.*: Mikroprozessor-Selbsttest auf der Basis des Befehlssatzes. Elektronische Rechenanlagen 24 (1982) 1, S. 8—15.
[5] *Nilsson, S.-A.*: Selbsttestverfahren für Mikrorechner. VDI-Berichte Nr. 328, Nov. 1978, S. 77—85.
[6] *Ebel, B.*: Mikroprozessor-Selbsttest. Elektronische Rechenanlagen 20 (1978) 4, S. 186—194.
[7] *Nilsson, S.-A.*: Kerntest: Ein auf der Mikroebene unterstützter Prozeßrechner-Selbsttest. Informatik-FB 54. München: Springer-Verlag 1982.
[8] *Huse, H.*: "Watch-dog"-Schaltungen erkennen µP-Systemstörungen. Elektronik (1980) 4, S. 92—94.
[9] Stromversorgung zuverlässig überwacht. VDI-Nachrichten 25/81, S. 18ff.
[10] *Büren, G., Schütz, W.*: Mikroprozessor-Selbsttest durch Signatur-Vergleich. Elektronische Rechenanlagen 22 (1980) 5, S. 237—242.
[11] *Görke, W.*: Testmöglichkeiten für LSI-Schaltkreise. Elektronische Rechenanlagen 20 (1978) 5, S. 220—227.
[12] *Hunger, A.*: Neues Verfahren zum Selbsttest von Mikroprozessoren. Köln: Verlag TÜV Rheinland 1982.
[13] *Hoffmann, W.*: Variables Testkonzept für Mikroprozessorsysteme. Elektronik (1981) 13, S. 75—77.
[14] *Beuschel, J.*: Zur Zuverlässigkeitsproblematik dezentral genutzter Automatisierungsgeräte mit Mikrorechnern. msr, Berlin 27 (1984) 8, S. 358—361.
[15] *Münchrath, R.*: Datensicherung auf Übertragungswegen mit zyklischen Codes. Elektronik (1976) 8, S. 51—53.
[16] *Müller, F.*: „MEPROSY" — Ein fehlertolerantes Mehrprozessorsystem für sicherheitsrelevante, lokale Steuer- und Überwachungsaufgaben. Arbeitsbericht. ZfK Rossendorf RPR 2/86, August 1986.
[17] *Müller, F.*: Betrachtungen zur Fehlertoleranz sicherheitsrelevanter Mehrprozessorsysteme im Rahmen dezentraler Automatisierungsanlagen. Arbeitsbericht. ZfK Rossendorf. RPR 7/84, Oktober 1984.

msr 8380

G. Müller

Phasenmodell der Projektierung und Realisierung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen

0. Einleitung

Ein Weg zur Steigerung der Effektivität des Investitions- und Reproduktionsprozesses bei Industrieanlagen mit integrierten Mikrorechner-Automatisierungsanlagen (MR-AA) besteht in seiner rationellen Gestaltung. Bei Betonung des zeitlichen Aspektes (der Informationsaspekt wird in einem anderen Beitrag behandelt) läßt sich für die Projektierung und Realisierung von MR-AA ein Phasenmodell herleiten, das eine Widerspiegelung des „Lebenslaufes" von MR-AA für hochautomatisierte Fließprozesse der Verfahrens- und Energietechnik darstellt. Die einzelnen Phasen werden beschrieben. Besonderer Wert wird auf die niveaugestuften Entscheidungen gelegt. Im Beitrag handelt es sich um die Weiterentwicklung früherer Arbeiten [1].

1. Investitionsprozeß bei Industrieanlagen

Der Investitionsprozeß bei Industrieanlagen gestaltet sich auf der Basis verbindlicher Verordnungen, in denen die Aufgaben der an Investitionsvorhaben beteiligten Partner fixiert sind [2] und [3]. Unter einer Industrieanlage mit integrierter MR-AA wird eine Kombination unterschiedlicher, teil- oder vollautomatisierter Arbeitsmittelarten zur Herstellung von Produkten, Erzeugnissen, Teilerzeugnissen bzw. Leistungen in einem geschlossenen Arbeitszyklus verstanden [4]. Der einheitliche Investitionsprozeß ist durch die beiden grundlegenden Phasen

- Vorbereitung der Investition
- Durchführung der Investition

gekennzeichnet. Das entspricht dem objektiven Entstehungsgang von Industrieanlagen mit MR-AA (Bild 1). Für die weitere modellmäßige Beschreibung des „Lebenslaufes" einer MR-AA ist eine verfeinerte Aufgliederung des Investitionsprozesses zweckmäßig. Entsprechend Bild 1 gehören zur Investitionsvorbereitung

- die Konzipierung
- der Entwurf [5].

Zur Investitionsdurchführung zählen

- die Ausführungsprojektierung
- die Realisierung.

2. Phasenmodell des Reproduktionsprozesses bei MR-AA

2.1. Herleitung des Phasenmodells

Bei Betrachtung des gesamten Reproduktionsprozesses von MR-AA lassen sich weitere Phasen angeben. Zunächst ist zu unterstreichen, daß die Phasen

---

Dr.-Ing. *Günter Müller* (40) studierte von 1964 bis 1969 Regelungstechnik an der TH „Otto von Guericke" Magdeburg (THM). 1969 bis 1972 planmäßige Aspirantur und Promotion am Moskauer Energetischen Institut, Fakultät für Automatisierungs- und Rechentechnik. 1972 bis 1980 wissenschaftlicher Assistent an der THM, Sektion Technische Kybernetik und Elektrotechnik, Wissenschaftsbereich Regelungstechnik und Prozeßsteuerungen. Von 1980 bis 1983 Projektingenieur für Prozeßrechentechnik im VEB Geräte- und Regler-Werke „Wilhelm Pieck" Teltow. Seit 1984 wissenschaftlicher Oberassistent an der THM.

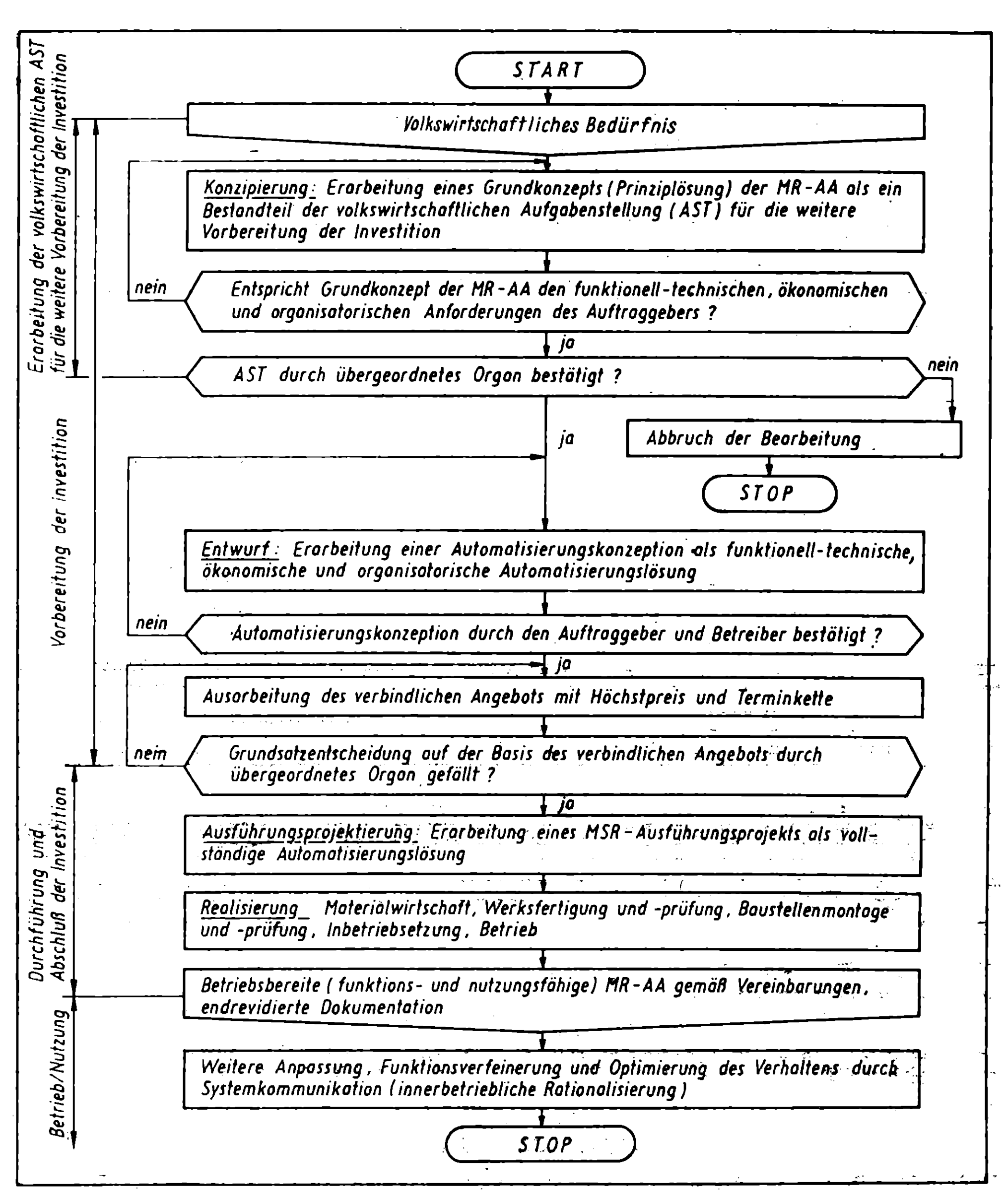


Bild 1. Grobschema des Investitionsprozesses einer MR-AA

- Konzipierung
- Entwurf
- Ausführungsprojektierung

zum einheitlichen Projektierungsprozeß (Projektierungsstadium) gehören [6]. Folglich ist die projektierende Arbeitsweise sowohl in der Vorbereitung als auch in der Durchführung der Investition bestimmend.

Die Realisierung (Realisierungsstadium) von MR-AA erfolgt ebenfalls in drei Phasen [7]:

- stationäre Fertigung einschließlich Hardware- und Softwareprüfung sowie Komplextest der zusammengeschalteten Mikrorechner-Funktionseinheiten (ZIVE zentrale Informationsverarbeitungseinheiten, DIVE dezentrale Informationsverarbeitungseinheiten)
- Anlagenmontage aller Komponenten der MR-AA einschließlich interner Funktionsproben
- Inbetriebsetzung mit komplexen Funktionsproben und Probebetrieb einschließlich Leistungsnachweis.

Der Investitionsprozeß wird um das Nutzungsstadium mit den Phasen

- Vervollkommnung (der Software) der MR-AA und ihres Zusammenwirkens mit der technologischen Anlage
- intensive Nutzung der Gesamtanlage einschließlich MR-AA
- Vorbereitung der Ablösung der MR-AA durch eine neue MR-Anlagengeneration

erweitert. Der Grund für diese Erweiterung liegt darin, daß in den Projektierungsphasen ingenieurtechnische Leistungen zu erbringen sind, die bis in diese Phasen reichen. Das Phasenmodell ist in Tafel 1 dargestellt. Die drei Realisierungsphasen sind nicht explizit ausgewiesen. Die Verantwortlichkeit ist angegeben.

Wichtig für die weiteren Betrachtungen ist die Tatsache, daß nach [8] unter Projektierung die Gesamtheit aller ingenieurtechnischen Vorbereitungsarbeiten verstanden wird und nicht nur, wie bisher üblich, als Projektierung der Instrumentierung, wie es auch in den Verordnungen zum Investitionsprozeß assoziiert wird. Die Projektierung von MR-AA beinhaltet alle ingenieurtechnischen Leistungen zur Erarbeitung der notwendigen Dokumentationen in den Phasen Konzipierung, Entwurf und Ausführungsprojektierung für die nachfolgenden Phasen des Realisierungsstadiums, der Vervollkommnung, intensiven Nutzung und Vorbereitung der Ablösung (Tafel 1). Bei der Projektierung handelt es sich folglich um einen Dreiphasenprozeß. Es ist ja hinlänglich bekannt, daß die Projektierung nicht in einem „Ritt" erfolgen kann. Analoges gilt für die Realisierung.

2.2. *Einbeziehung des BMSR-Projektanten in den Investitionsprozeß*

Entscheidend für die effektive Gestaltung des Investitionsprozesses ist die rechtzeitige Beteiligung des BMSR-Projektanten an Industrieanlageninvestitionen. Für die Mitwirkung des Automatisierungstechnikers von Anfang an, d. h. bereits zum Zeitpunkt der Erarbeitung der volkswirtschaftlichen Aufgabenstellung für die weitere Vorbereitung der Investition, sprechen folgende Gründe:

- Die besten Kenntnisse über die Leistungsfähigkeit der Hardware- und Softwarekomponenten der MR-Automatisierungssysteme (MR-AS) und der anderen Bauteile und Einrichtungen für MR-AA hat der BMSR-Projektant und Hersteller der MR-AA (Automatisierungsanlagenbau).
- Der direkte Kontakt des BMSR-Projektanten mit den anderen am Reproduktionsprozeß beteiligten Partnern, z. B. Forschung und Entwicklung, stationäre Fertigung und Prüfung,

Tafel 1. Phasenmodell der Projektierung und Realisierung von MR-AA

V Verantwortlichkeit; IAG Investitionsauftraggeber; AN Auftragnehmer

Phase	Eingangs-/Ausgangs-Dokumentation der Phase
1. Konzipierung (strategische Entscheidungen) Erarbeitung der volkswirtschaftlichen Aufgabenstellung (AST) für die weitere Vorbereitung der Investition	Basis: Gesamtziel der Automatisierung (Automatisierungsfunktionen) des technologischen Prozesses (V: IAG) Ergebnis: Grundkonzept der MR-AA als Teil der AST (V: IAG)
2. Entwurf (taktische Entscheidungen) Weitere Vorbereitung der Investition	Basis: Grundkonzept der MR-AA und objektabhängige Unterlagen des IAG Ergebnis: Automatisierungskonzeption als funktionell-technische Lösung, Grundlage für ein technisch-kommerzielles verbindliches Angebot mit Höchstpreis (V: AN)
3. Ausführungsprojektierung (operative Entscheidungen)	Basis: Automatisierungskonzeption und objektabhängige Arbeitsunterlagen (V: IAG) Ergebnis: MSR-Ausführungsprojekt (V: AN)
4. Realisierung (interaktiv-operative Entscheidungen) Durchführung und Abschluß der Investition	Basis: MSR-Ausführungsprojekt und Arbeitsmittel und Arbeitsvorschriften Ergebnis: betriebsbereite (funktions- und nutzungsfähige) MR-AA als Bestandteil einer Gesamtanlage und zugehörige Dokumentation (V: AN)
5. Vervollkommnung (interaktiv-operative Entscheidungen) Innerbetriebliche Rationalisierung (ohne Investitionen)	Basis: MR-AA und Dokumentation Ergebnis: vervollkommnete MR-AA und ergänzte Dokumentation (V: Betreiber)
6. Intensive Nutzung, Gewährleistung der Instandhaltung	Basis: Projektdokumentation/Instandhaltungsdokumentation Ergebnis: Arbeitsblätter über Ausfallverhalten und Instandsetzungsgeschehen
7. Vorbereitung der Ablösung	Basis: Projektdokumentation, Gesamtanlage einschließlich MR-AA Ergebnis: Ablösekonzeption

Montage, Inbetriebsetzung und Kundendienst, gestattet von vornherein die effektive Klärung anstehender Probleme.
- Der BMSR-Projektant kennt und verfügt über die aktuellen Arbeitsmittel, z.B. Kataloge, EDV-Anlage, rechnerunterstützte Projektierungs- und Konstruktionsarbeitsplätze, Arbeitsmittel für die Prüfung und Testung der Hard- und Software, für die Inbetriebsetzung u. a., und er kennt ihre tendenzielle Entwicklung oder kann sich darüber kurzfristig informieren.
- Der BMSR-Projektant hat i. allg. Einsatzerfahrungen, die eine wertvolle Hilfe bei der Konzipierung und beim Entwurf einer konkreten MR-AA darstellen.
- Der BMSR-Projektant hat einen guten Überblick über kommerzielle Belange, z.B. Projektierungs- und Realisierungszeiträume, Kosten der Funktionseinheiten, Projektierungs- und Realisierungsleistungen u. a.
- Oft fehlen dem Investitionsauftraggeber (IAG) für eine Industrieanlageninvestition die notwendige Sachkenntnis und die entsprechenden Kapazitäten, um die automatisierungstechnischen Aufgaben in den frühen Investitionsphasen termingerecht und in hoher Qualität zu lösen.

Das kooperative Wirken der an einer Industrieanlageninvestition beteiligten Fachbereiche Verfahrenstechnik/Technologie, Maschinen-, Apparate- und Rohrleitungstechnik, Automatisierungstechnik, Starkstromtechnik, Bautechnik u. a. trägt in entscheidendem Maße zur effektiven Gestaltung des Investitionsprozesses und zu einer hohen Qualität der Ergebnisse der einzelnen Phasen bei [4] [8] und [9].

2.3. *Vervollkommnung der MR-AA*

2.3.1. Gründe der Vervollkommnung

Die qualitativ neue Eigenschaft der Programmierbarkeit von MR-Funktionseinheiten ermöglicht und erfordert geradezu eine weitere Vervollkommnung der Automatisierungsanlage im Rahmen der technischen Möglichkeiten. Dazu gehören

- die weitere strukturelle und parametrische Anpassung der Prozeßsteuerungsalgorithmen an den technologischen Prozeß
- die Optimierung von Regelungs- und Binärsteuerungssystemen und ihres Zusammenwirkens mit der technologischen Anlage während der Betriebsphase
- die Funktionsverfeinerung und Erweiterung um Nichtsteuerungsfunktionen für Überwachung und Betriebsdiagnose, Prozeßidentifikation, Protokollierung, Bilanzierung u. a.

2.3.2. Verantwortung des Betreibers

Es handelt sich um eine Aufgabe der innerbetrieblichen sozialistischen Rationalisierung. Dafür sprechen folgende Gründe:
- Der Betreiber verfügt über die besten Kenntnisse zum statischen und dynamischen Verhalten des technologischen Prozesses. Das gilt insbesondere für Erneuerungs- und Erweiterungsinvestitionen, aber auch bei Neubauinvestitionen hat der Betreiber die besten Möglichkeiten der Informationsbeschaffung.
- Auswirkungen von Störgrößen und Störungen und ihrer Folgen an beliebigen Anlagenteilen der Gesamtanlage, z.B. Ausfälle von Apparaten, der Versorgungsenergie u. a., sind meist hinlänglich bekannt oder können in ihrer Häufigkeit, Intensität und ihrem Ausmaß abgeschätzt werden.
- In den Betrieben und Kombinaten mit Fließprozessen der Verfahrens- und Energietechnik haben sich in den letzten Jahren leistungsfähige Wartungs- und Reparaturabteilungen der BMSR- und Prozeßrechentechnik entwickelt, die über moderne materielle und hochqualifizierte personelle Ressourcen verfügen und diese weiter ausbauen.
- Nach Ablauf des Garantiezeitraumes ist der Betreiber moderner Industrieanlagen i. allg. in der Lage, selbständig die Wartung und Instandsetzung durchzuführen und ist damit befähigt und berechtigt, Veränderungen der Hardware- und vorrangig der Softwarekomponenten vorzunehmen.
- Der Projektant und Hersteller der MR-AA haben sich nach der Übergabe bereits der Projektierung einer anderen Anlage zugewandt und sind bis auf die Verpflichtungen der Garantievereinbarungen aus den Kooperationsbeziehungen ausgeschieden. In bestimmten Fällen ist die Mitwirkung des Herstellers an der Vervollkommnung der MR-AA im Rahmen eines Kooperationsvertrages möglich, denn auch er ist schließlich an den Ergebnissen der Vervollkommnung der MR-AA interessiert.

3. Projektierung und Realisierung als niveaugestufter Entscheidungsprozeß

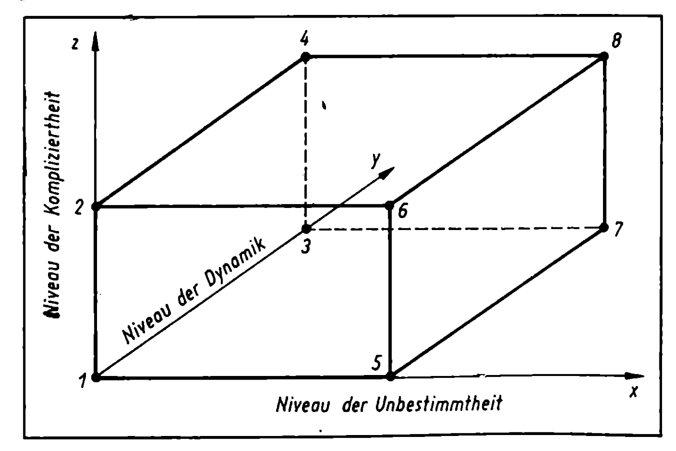
3.1. *Allgemeines*

Die Projektierung und die nachfolgende Realisierung stellen einen niveaugestuften Entscheidungsprozeß dar, bei dem nach der Top-down-Methode eine schrittweise Verfeinerung der Aufgabenstellung und anschließende Aufgabenlösung erfolgen [10] bis [13]. Wird die in [14] gegebene Einteilung der Aufgabenklassen in Abhängigkeit vom Charakter der Informationen (Bild 2) auf die Verhältnisse in den Projektierungs- und Realisierungsphasen angewendet, dann lassen sich drei Schlußfolgerungen ableiten:

Bild 2. Aufgabenklassen in Abhängigkeit vom Charakter der Informationen

„Deterministische" Aufgaben mit ausreichender Information: *1* einfache statische Aufgaben; *2* komplizierte statische Aufgaben; *3* einfache dynamische Aufgaben; *4* komplizierte dynamische Aufgaben

„Risiko"-Aufgaben oder Aufgaben mit Wahrscheinlichkeitscharakter, wo viele und sogar wesentliche Informationen fehlen: *5* einfache unbestimmte statische Aufgaben; *6* komplizierte unbestimmte statische Aufgaben; *7* einfache unbestimmte dynamische Aufgaben; *8* komplizierte unbestimmte dynamische Aufgaben



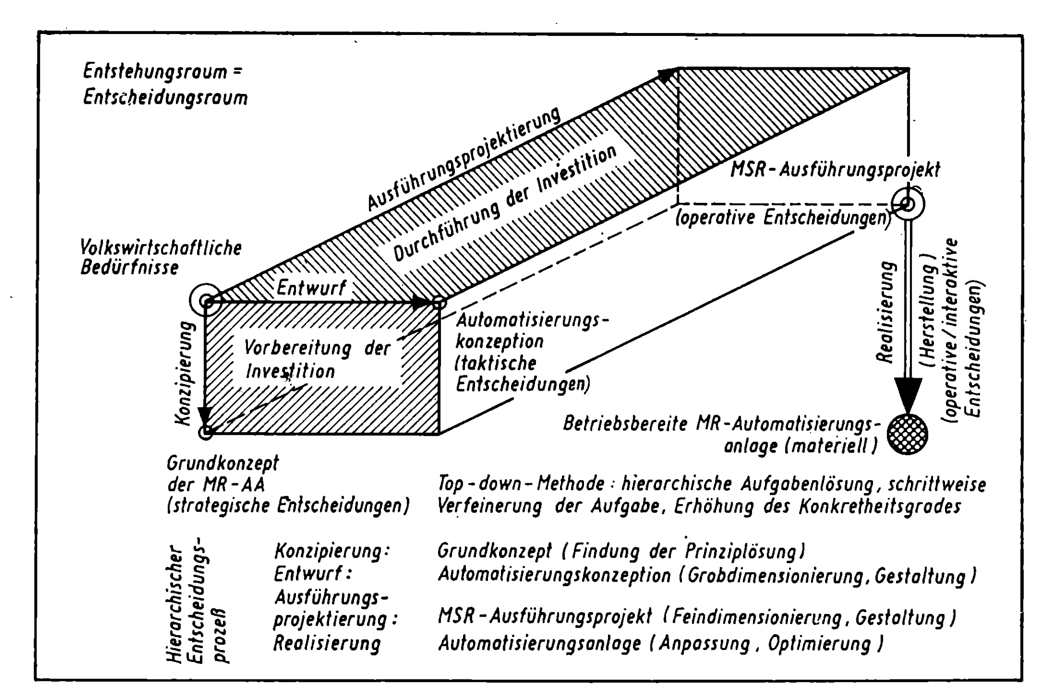
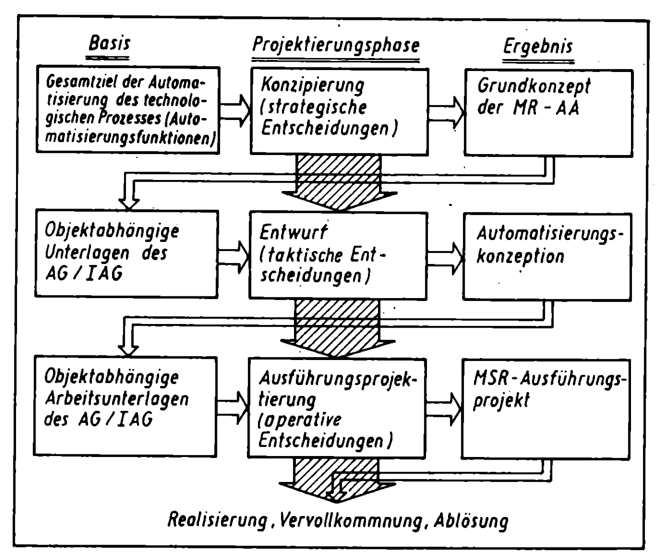


Bild 3. Quadermodell des Investitionsprozesses einer MR-AA

Bild 4. Phasen der Projektierung von MR-AA



1. In der Konzipierungs- und in geringerem Maße in der Entwurfsphase handelt es sich um „Risiko"-Aufgaben.
2. Die „Risiko"-Aufgaben nehmen von der Konzipierung über den Entwurf bis zur Ausführungsprojektierung ab, während die „deterministischen" Aufgaben zunehmen.
3. In der Ausführungsprojektierung herrschen die „deterministischen" Aufgaben vor.

Hierin offenbart sich ein hinlänglich bekannter Widerspruch, der darin besteht, daß zu Beginn des Projektierungsprozesses Entscheidungen größter Tragweite zu fällen sind, die stark risikobehaftet sind. Das mag ein Grund dafür sein, daß in der Vergangenheit der Konzipierungs- und Entwurfsphase zu wenig Bedeutung beigemessen wurde.
Im Bild 3 ist die Projektierung von MR-AA als Quadermodell dargestellt.

3.2. *Entscheidungsgegenstände*

Bei der Projektierung und Realisierung von MR-AA handelt es sich um folgende wichtige Entscheidungsgegenstände, wobei die Reihenfolge keine Wichtung beinhaltet [20]:

- Automatisierungsmittel
- Mensch-Anlage-Kommunikation (MAK)
- Zentraleinrichtungen (Zentralwarte/Fahrstand, dezentrale Warte, Basisstationen, dezentrale Leitstände, örtliche Steuerpulte)
- Topologie der MR-AA (Anordnung der zentralen und dezentralen Informationsverarbeitungseinrichtungen im Anlagenfeld)
- Versorgungsenergiebereitstellung
- Zuverlässigkeit und Sicherheit.

Bei allen Entscheidungen hat die Prozeßsteuerung im Echtzeitbetrieb, d. h. die Erfüllung aller notwendigen Automatisierungsfunktionen, den Vorrang.

3.3. *Strategische Entscheidungen*

Im Rahmen der Konzipierung von MR-AA sind strategische Entscheidungen, d. h. Entscheidungen von außerordentlich großer Bedeutung zu fällen. In Tafel 2 wird das am Beispiel der Automatisierungsmittel gezeigt [15] bis [17] und [20]. Die Entscheidungen liegen auf dem Niveau von Anlagen-, Geräte- und Prozeßrechnersystemen. Fehlentscheidungen sind in den folgenden Phasen entweder gar nicht oder nur mit unvertretbar hohem ingenieurtechnischem und organisatorischem Aufwand zu korrigieren. Die Ergebnisse der strategischen Einfach- bzw. Mehrfachentscheidungen werden im Grundkonzept der MR-AA dokumentiert (Bild 4) [18].
Das Grundkonzept der MR-AA stellt die zwischen den am Investitionsvorhaben beteiligten Fachbereichen abgestimmte Prinziplösung der weiter zu projektierenden und realisierenden MR-AA dar und ist stets an ein konkretes technologisches Objekt gebunden. Im Grundkonzept der MR-AA sind prinzipielle, grundsätzliche Lösungen bzw. Lösungsalternativen zur Erfüllung der funktionellen, technischen, ökonomischen und organisatorischen Anforderungen fixiert.
Das Grundkonzept ist Bestandteil der Dokumentation zur volkswirtschaftlichen Aufgabenstellung (AST) für die weitere Vorbereitung der Investition. Die Erarbeitung der AST erfolgt in der Verantwortung des IAG, der seinerseits zur Konzipierung der MR-AA über Kooperationsvertrag einen AN binden kann.

3.4. *Taktische Entscheidungen*

In der Entwurfsphase sind Entscheidungen auf niedrigerem Niveau zu fällen als in der Konzipierungsphase. Sie werden taktische Entscheidungen genannt. Die Entscheidungsgegenstände sind ähnlicher Art wie in der Konzipierungsphase (s. Tafel 2 und Bild 4). In dieser Phase hat der Projektant über Geräte, Module und Bauteile zu entscheiden. Dem Wesen nach handelt es sich um eine Grobdimensionierung und -gestaltung.
Die Ergebnisse der taktischen Einfach- bzw. Mehrfachentscheidungen in der Entwurfsphase werden in der Automatisierungskonzeption dokumentiert [19].
Die Automatisierungskonzeption stellt die zwischen dem IAG, dem AN und dem späteren Betreiber abgestimmte objektbezogene funktionell-technische Automatisierungslösung dar. Sie ist die Basis für die Erarbeitung eines technisch-kommerziellen verbindlichen Angebots mit Höchstpreis und ist Bestandteil der Dokumentation zur Grundsatzentscheidung.

3.5. *Operative Entscheidungen*

Der Entscheidungsprozeß setzt sich in der Ausführungsprojektierung fort. Allerdings sind die Entscheidungen nur noch von ge-

Tafel 2. Niveaugestufte Entscheidungen bei der Projektierung und Realisierung von MR-AA am Beispiel der Automatisierungsmittel

Strategische Entscheidungen (Konzipierung)	Taktische Entscheidungen (Entwurf)	Operative Entscheidungen (Ausführungsprojektierung)	Interaktiv-operative Entscheidungen (Realisierung, Vervollkommnung)
– Entscheidung zugunsten einer funktionell-dezentralen digitalen MR-AA gefällt – Entscheidung über ausländisches oder inländisches MR-AS (z. B. audatec in mehreren Versionen, GAA 5000, ursadat 5000) – Festlegung dominierender Gerätesysteme zur Realisierung der Automatisierungsfunktionen – Bestimmung der notwendigen Art und Anzahl DIVE und ZIVE des MR-AS, der Koppeleinrichtungen zu anderen Gerätesystemen – Festlegung redundanter Bussteuerungs-, Informationsübertragungs- und Informationsverarbeitungseinrichtungen auf allen Ebenen der hierarchischen MR-AA – Entscheidung über Einsatz eines Wartenrechnersystems, Angabe des Typs und Grobkonfigurators (z. B. K 1520, K 1620, K 1630) – Festlegung des Gerätesystems zur Realisierung von Sicherheitsfunktionen	– Festlegung des Rechnerkerns, der Eingabe- und Ausgabe-Module, der notwendigen Stromversorgungsmodule, der Sicherungs- und Kontaktbelastungsbaugruppen der DIVE – Festlegung der Typen der ZIVE – Festlegung der Einrichtungen für die Mensch-Maschine-Kommunikation in der Zentralwarte/Fahrstand, in dezentralen Leitständen, örtlichen Steuerpulten (Peripheriegeräte u. a.) – Festlegung der Geräte und Einrichtungen für die Zentraleinrichtungen (Zentralwarte/Fahrstand, dezentrale Leitstände, örtliche Steuerpulte) – Entscheidung über Typen der Meß- und Stelleinrichtungen (zwecks Bedarfsanmeldung)	– Spezifizierung aller Bauteile der MR-AA (Ausrüstungslisten für sämtliche Bauteile, Einrichtungen, Module, Kabel, Montagematerial (nach Katalog-Automation Bauteile) – Spezifizierung aller Software-Basismodule (Katalog-Automation Software)	– während der Anlagenmontage und/oder Inbetriebsetzung Einsatz anderer Bauteile zur Berücksichtigung von Änderungen an der technologischen Anlage – Nutzung freier Eingabe-/Ausgabekanäle (projektierte Reserve der DIVE) zum Anschluß weiterer Meß- und Stellsignale bei Beachtung des Echtzeitbetriebes – mittels Systemkommunikation Änderung der Struktur und/oder Parameter des Anwendersoftwaresystems (Rechenzeit, Speicherplatz)

ringerer Tragweite. Es handelt sich um operative Entscheidungen. Vom Projektanten ist die Spezifizierung der kleinsten funktionellen Einheiten durchzuführen. In der Ausführungsprojektierung sind die Feindimensionierung und -gestaltung typisch.

Die Ergebnisse der operativen Einfach- bzw. Mehrfachentscheidungen in der Phase der Ausführungsprojektierung werden im MSR-Ausführungsprojekt mit den Bestandteilen Hardwareprojekt und Softwareprojekt dokumentiert.

Das MSR-Ausführungsprojekt stellt die vollständige, objektbezogene, funktionelle, technische und ökonomische Automatisierungslösung dar. Es ist die Grundlage für die nachfolgende Realisierung und Vervollkommnung der MR-AA.

3.6. *Interaktiv-operative Entscheidungen*

In den Realisierungsphasen und während der Vervollkommnung können bei Bedarf zu den Hard- und Softwarekomponenten vom Fertigungs-, Montage- und Inbetriebsetzungspersonal bzw. von den Systemingenieuren des Betreibers Entscheidungen geringer Bedeutung gefällt werden. Für den Fall der Systemkommunikation zum Zwecke der Manipulation des Softwaresystems handelt es sich um interaktiv-operative Entscheidungen zur Berücksichtigung von Änderungen bzw. zur Vervollkommnung der MR-AA.

Zusammenfassung

Ausgehend vom Investitionsprozeß wird ein zeitliches Phasenmodell der Projektierung und Realisierung von MR-AA beschrieben. Die Projektierung erfolgt in den Phasen Konzipierung, Entwurf und Ausführungsprojektierung. Zur Realisierung zählen die Phasen stationäre Fertigung, Anlagenmontage und Inbetriebsetzung. Es erfolgt eine Erweiterung um die Phasen Vervollkommnung, intensive Nutzung und Vorbereitung der Ablösung. Der niveaugestufte Entscheidungsprozeß mit den strategischen, taktischen, operativen und interaktiv-operativen Entscheidungen wird am Beispiel der Automatisierungsmittel für die drei Projektierungs- und Realisierungsphasen und die Vervollkommnung behandelt.

Literatur

[1] *Müller, G.:* Entstehungshierarchie einer Automatisierungsanlage mit dem Automatisierungssystem „audatec." msr, Berlin 26 (1983) 1, S. 22–24.
[2] GBl. (1978) Teil I, Nr. 23 vom 10. August 1978: Verordnung über die Vorbereitung von Investitionen vom 13. Juli 1978.
[3] GB. (1980) Teil I, Nr. 13 vom 23. April 1980: Verordnung über die Durchführung von Investitionen vom 27. März 1980.
[4] Autorenkollektiv: Anlageninvestitionen. Leitung, Planung, Organisation. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1984.
[5] *Müller, G.:* Entwurf und Projektierung von audatec-Regelsystemen. Wiss.-technische Informationen des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau, Berlin 19 (1983) 1, S. 2–7.
[6] *Müller, G.:* Phasen der Vorbereitung und Durchführung von Investitionen bei Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. Tagungsmaterial 15. Herbstkurse Technische Kybernetik, TH „Otto von Guericke" Magdeburg, Sektion Technische Kybernetik und Elektrotechnik 1984.
[7] *Neumann, P.; Lemke, G.:* Auswirkungen des Mikrorechnereinsatzes in Automatisierungsanlagen auf die Projektierung, Fertigung, Prüfung und Inbetriebsetzung. Eine Einführung. Teltow: VEB Geräte- und Regler-Werke, KDT-Reihe Automatisierungstechnik Heft 3, 1980.
[8] *Müller, R.; Starke, L.; Töpfer, H.:* Projektierung und Kooperation. msr, Berlin 27 (1984) 11, S. 482–487.
[9] *Müller, G.:* Entwicklung der technischen Vorbereitung von Automatisierungsanlagen — eine historische Übersicht. msr, Berlin 27 (1984) 6, S. 257–262.
[10] *Lauber, R.:* Modelle zur Beschreibung des Entwurfs von Prozeßautomatisierungssystemen. Regelungstechnik 27 (1979) 12, S. 373–379.
[11] *Lauber, R.:* Prozeßautomatisierung I. Aufbau und Programmierung von Prozeßrechensystemen. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1976.
[12] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Automatisierungssysteme mit Mikroprozeßrechnern — Konsequenzen für die Projektierung. msr, Berlin 22 (1978) 8, S. 427–432.
[13] *Töpfer, H.; Willem, H.; Fuchs, H.:* Zum Stand der Anwendung moderner Automatisierungsmittel. msr, Berlin 27 (1984) 1, S. 2–7 und 12.
[14] *Hesse, K.:* Technisches Erkennen und wissenschaftlich begründete Entscheidung. Wiss. Zeitschrift der TH Magdeburg. 27 (1983) 5/6, S. 115–119.
[15] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1980.
[16] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Automatisierungstechnik. Gegenwart und Zukunft. Band 200 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
[17] *Neumann, P.:* Mikrorechner in Automatisierungsanlagen. Band 202 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Berlin: VEB Verlag Technik 1983.
[18] *Müller, G.:* Einsatzvorbereitung einer autonomen Automatisierungseinrichtung des Systems „audatec" zur energieoptimalen Steuerung eines Siemens-Martin-Ofens. Wiss. Berichte der TH Leipzig (1983) 13, S. 26–31.
[19] *Müller, G.; Heße, R.; Schönemann, R.:* Kleinverbundanlage des Systems „audatec" am Beispiel der Automatisierung einer Luftzerlegungsanlage. Wiss.-techn. Informationen des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau, Berlin 18 (1982) 2, S. 67–74.
[20] *Müller, G.:* Phasenmodell für die Projektierung und Realisierung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. Forschungsbericht Technische Hochschule „Otto von Guericke" Magdeburg, Sektion Technische Kybernetik und Elektrotechnik 1985 (unveröffentlicht).

msr 8378

G. Viehweger

Effektivität der rechnergestützten Projektierung

0. Einleitung

Bei der Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Flexibilität der Reproduktionsprozesse gewinnen Rationalisierung und Automatisierung produktionsvorbereitender Prozesse zunehmend an Bedeutung. Es geht darum, in Projektierung, Konstruktion und Technologie durch höheres Leistungsvermögen zur Lösung solcher Aufgabenstellungen beizutragen, wie

- Verkürzung des Zeitraumes der Vorbereitung und Durchführung von Investitionen, um die Ergebnisse der wissenschaftlich-technischen Entwicklung in kürzester Zeit in die produktive Nutzung überführen zu können
- Verbesserung der Flexibilität im Interesse eines notwendigen schnellen und präzisen Reagierens sowohl auf Veränderungen im Produktionsprozeß als auch auf internationale Anfragen und Ausschreibungen
- Senkung des Investitionsaufwandes durch Senkung des produktionsvorbereitenden Aufwandes für die jeweiligen Investitionsprojekte im Sinne der Erhöhung der Grundfondsökonomie
- Erhöhung des Anteils der schöpferischen Arbeit in produktionsvorbereitenden Prozessen zu Lasten von automatisierbaren Routinearbeiten
- Erhöhung der möglichen Kapazität der produktionsvorbereitenden Bereiche, um die leistungsmäßigen Anforderungen, die nicht durch zusätzliche Arbeitskräfte abgedeckt werden können, abzusichern.

Diese Aufgaben sind nur durch Einbeziehung der Rechentechnik realisierbar, vor allem durch Nutzung der im Gegensatz zum Stapelbetrieb größeren Anwendungsbreite der Rechnerstützung bei interaktiver Arbeitsweise [1]. Dafür gilt jedoch gleichermaßen die allgemeine Aufgabenstellung, durch moderne Wissenschaft ökonomische Effektivität zu gewinnen. Am Beispiel der Projektierung wird ein Instrumentarium zur quantitativen Erfassung und Beurteilung der aus der Rechnerstützung resultierenden Effekte dargestellt, das gleichermaßen auch für Entwurf, Konstruktion und Technologie Anwendung finden kann.

1. Aufgabenumfang für die rechnergestützte Projektierung

Ausgangspunkt für eine Effektivitätsberechnung ist die Feststellung des Leistungsumfangs, der durch Rationalisierungsmaßnahmen in einem perspektivischen Zeitraum abzudecken ist. Durch diese Betrachtungen wird eine Entscheidungsgrundlage geschaffen, ob der Leistungsumfang durch zusätzliche Arbeitskräfte, konventionelle Maßnahmen der Rationalisierung [2] oder durch Rechnereinsatz in der Perspektive zu erbringen ist. Damit wird gleichzeitig die Aufgabenstellung für weitere Entwicklungsaufgaben formuliert, wie sie gesetzlich gefordert wird [3]. Dieser Leistungsumfang ergibt sich aus dem Wachstum des zu erbringenden Leistungsumfangs in Gegenüberstellung mit der extensiven Entwicklung der Projektierungskapazität durch Erhöhung der Anzahl der Projektanten. Diese Berechnung kann über die absehbare Entwicklung der Eigenleistung vorgenommen werden, ausgehend von einem Basisjahr. Danach ergibt sich eine Projektierungsleistung im Jahr x nach

$$AZA_x = \frac{EL_0}{P_r}\left(1 + \frac{el'}{100}\right)^x . \tag{1}$$

AZA jährlicher Arbeitszeitaufwand; EL jährliche Eigenleistung; el' jährliche Steigerung; P_r Projektierungspreis je Stunde.

Für die extensive Erweiterung der Projektierungskapazität gilt

$$AZF_x = AK_0\left(1 + \frac{ak'}{100}\right)^x h . \tag{2}$$

AZF jährlicher Arbeitszeitfonds; AK Arbeitskräfte; ak' jährliche Zuwachsrate an Arbeitskräften; h produktive Stunden je Projektant und Jahr.

Somit errechnet sich der im Jahr x über die extensive Erweiterung hinausgehende und durch Rationalisierungsmaßnahmen abzudeckende Leistungsumfang nach

$$\Delta AZA_x = AZA_x - AZF_x \tag{3}$$

unter der Bedingung, daß $AZA_x > AZF_x$, die allgemein gegeben ist, da $el' > ak'$ (Bild 1). Über die produktiven Stunden je Projektant und Jahr läßt sich aus ΔAZA_x auch der Fehlbedarf an Projektanten in den einzelnen Jahren ermitteln. Durch Einsatz der rechnergestützten Projektierung kann die ausgewiesene Differenz im Leistungsumfang unter Beachtung des effektiven Einsatzes der Rechentechnik reduziert werden.

2. Aufwand für die rechnergestützte Projektierung

Der einmalige Aufwand für die rechnergestützte Projektierung hängt vom Charakter und vom Grad der Komplexität der Rationalisierung ab. Er kann enthalten

- Aufwand für die Datenverarbeitungsprojektierung mit
  - Ankauf der von Lieferanten der Geräte erarbeiteten problemorientierten Systemunterlagen
  - Anpassung und Überleitung erworbener Projekte und Programme
  - Kosten für Eigenprojektierung
  - Kosten für wissenschaftlich-technische Leistungen im Rahmen von Forschung und Entwicklung
  - Kosten für Maschinentests
  - Zahlungen gemäß Neuererverordnung aus dem Fonds Wissenschaft und Technik
  - Preis für themengebundene Grundmittel
- Investitionskosten für die gerätetechnischen Ausrüstungen
- Sonstige Kosten für Ausbildung und Qualifizierung sowie Grundsatzarbeiten.

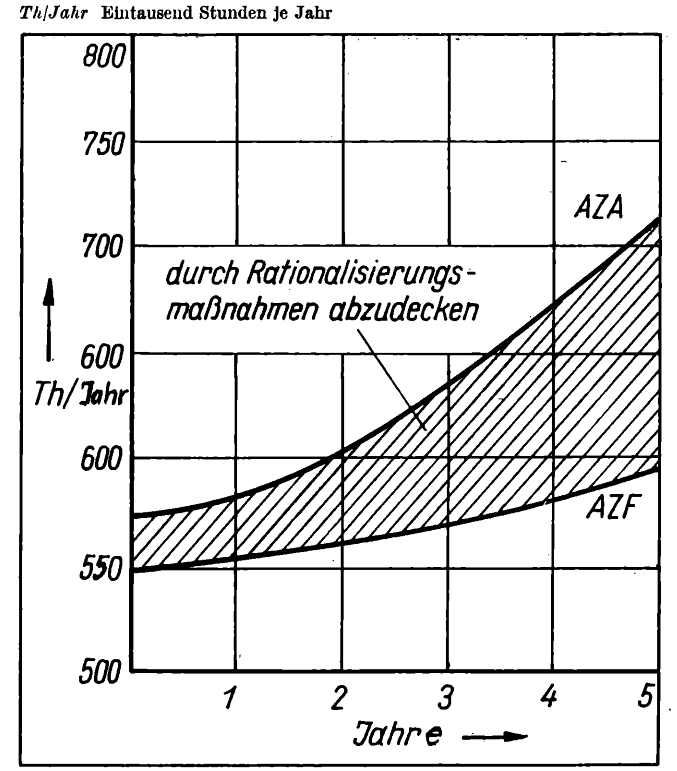
Der einmalige Aufwand für die Datenverarbeitungsprojektierung und für Investitionen, der Grundlage mehrerer Rationalisierungslösungen ist, kann dem konkreten Rechenprogramm nur anteilig zugerechnet werden, wobei die zeitliche Inanspruchnahme als Grundlage der Zuordnung dient.

Im zutreffenden Fall kann der einmalige Aufwand um den einmaligen Nutzen, resultierend aus dem Verkaufserlös freigesetzter Grundmittel und Materialbestände, reduziert werden.

Der laufende Aufwand umfaßt Kosten für Ablochen und Kontrolle von Belegen, Betreuung und Aktualisierung der Rechen-

Bild 1. Entwicklung von *AZA* und *AZF*

Th/Jahr Eintausend Stunden je Jahr



Prof. Dr. sc. oec. *Gerhard Viehweger* (53) studierte von 1951 bis 1955 Ingenieurökonomie an der TH Dresden. Nach einjähriger Assistentenzeit an der TH Dresden von 1956 bis 1970 im VEB Ingenieurtechnisches Zentralbüro Böhlen auf dem Gebiet der ökonomischen Begutachtung von Investitionsvorhaben des Industriezweiges Mineralöle tätig. 1970 Promotion A an der TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg. 1971 Berufung zum Hochschuldozenten an die Ingenieurhochschule Leipzig, 1978 Promotion B zu Problemen der Effektivität der Automatisierung. 1979 Berufung zum o. Professor an die TH Leipzig. Seit 1983 1. Prorektor an der TH Leipzig. Schwerpunkte seiner Arbeit sind die Berechnung der Effektivität der Automatisierung und Probleme der ökonomischen Bewertung der Zuverlässigkeit von Automatisierungsanlagen.

programme, anteilige Betriebskosten des Rechners, wenn er anteilig für die Realisierung einer konkreten Rationalisierungsmaßnahme installiert wurde bzw. Rechenkosten bei Inanspruchnahme einer Rechenstation. Der laufende Aufwand ist spezifisch für jedes Rechenprogramm für einen Anwendungsfall des jeweiligen Programms zu ermitteln.

3. Nutzen der rechnergestützten Projektierung

Grundgedanke der Nutzensermittlung ist eine Differenzbetrachtung von ökonomischen Kennzahlen eines Basiszustandes mit einer Rationalisierungsvariante, z.B. die Gegenüberstellung der manuellen Projektierung mit der Projektierung bei Nutzung eines Rechners im Stapelbetrieb oder letztere mit dem Einsatz des Rechners in interaktiver Arbeitsweise mit grafisch-alphanumerischem Dialog. Wichtig ist, die Kausalität der zu vergleichenden Varianten zu wahren, um andere Effekte, die nicht der Rechnerstützung geschuldet sind, auszuschalten.
Prinzipiell sind zwei Nutzenskomponenten zu unterscheiden

- *Primärnutzen*: er tritt unmittelbar in dem Bereich auf, in dem eine Maßnahme der rechnergestützten Projektierung wirksam wird
- *Folgenutzen*: er wird außerhalb dieses Bereiches im Gesamtbetrieb oder in anderen volkswirtschaftlichen Bereichen wirksam.

Der Berechnung des Primärnutzens liegt die Senkung des Arbeitszeitaufwandes durch Einsatz der Rechentechnik bezogen auf das jeweilige Rechenprogramm zugrunde.
Die jährliche finanzielle Einsparung ergibt sich aus dem Produkt von Arbeitszeiteinsparung je Programm und der Anzahl der jährlichen Anwendungsfälle je Programm

$$N_P \triangleq \Delta SK = \sum_{i=1}^{n} AZE(P)_i \, n_i SK - \sum_{i=1}^{n} A_l(P)_i \, n_i \qquad (4)$$

SK leistungsabhängige Selbstkostenpositionen; $AZE(P)$ Arbeitszeiteinsparung je Rechenprogramm; n Anzahl der jährlichen Anwendungsfälle; $A_l(P)$ laufender Aufwand je Rechenprogramm;

$i = 1 \dots n$ Laufvariable der Rechenprogramme

Damit wird der Einfluß der beiden Faktoren Arbeitszeiteinsparung und Anwendungszahl auf die Effektivität der rechnergestützten Projektierung bereits sichtbar.
Die Arbeitszeiteinsparung je Rechenprogramm ist nicht in jedem Fall identisch mit der Senkung des Arbeitszeitaufwandes je Projekt, da bei der Bearbeitung eines Projekts mehrere verschiedene Rechenprogramme zur Anwendung kommen können. Somit ergibt sich die Kennzahl „Einsparung an Arbeitszeitaufwand je Projekt" nach

$$AZE(Pro) = \sum_{i=1}^{n} AZE(P)_i \, . \qquad (5)$$

Als zweite Berechnungsmöglichkeit für den Primärnutzen wird also das Produkt aus dieser Kennzahl für die verschiedenen Projektkategorien und der jeweiligen jährlichen Projektanzahl verwendet. Der Folgenutzen resultiert aus der Erhöhung der möglichen Kapazität durch Senkung des Arbeitszeitaufwandes und der damit zusätzlich zu bearbeitenden Projektanzahl

$$\Delta P = \frac{\sum_{i=1}^{n} AZE(P)_i \, n_i}{\varnothing \, AZA(Pro)_R} \, . \qquad (6)$$

$\varnothing \, AZA(Pro)_R$ durchschnittlicher Arbeitszeitaufwand je Projekt nach der Rationalisierung
Daraus resultiert ein Folgenutzen, der dem Gewinnzuwachs entspricht, von

$$N_F \triangleq \Delta G = \sum_{i=1}^{n} AZE(P)_i \, n_i g \, . \qquad (7)$$

g Gewinn je Projektierungsstunde
Damit ergibt sich ein Gesamtnutzen für den Projektierungsbetrieb von $N = N_P + N_F$.
In die bisherigen Berechnungen wurde nur der direkt durch Maßnahmen der rechnergestützten Projektierung reduzierbare Arbeitszeitaufwand einbezogen. Darüber hinaus können noch weitere Aufwandssenkungen durch Einsparungen an organisationsbedingtem Aufwand eintreten. Dazu zählen beispielsweise das Einstellen aufwendiger Kommunikation mit territorial entfernten Rechnerstandorten, die Rationalisierung von Dispositionsarbeiten und andere Aktivitäten [4]. Diese Maßnahmen sind jedoch an die spezifischen Gegebenheiten des jeweiligen Projektierungsbereiches gebunden und können nicht verallgemeinert werden, schlagen sich jedoch in Einsparungen an Arbeitszeit im konkreten Bereich nieder. Um zu einer umfassenden Beurteilung der Effektivität zu gelangen, ist es notwendig, die Kausalkette der möglichen absehbaren Effektivitätswirkungen über den Bereich hinaus weiter zu verfolgen und Nutzenselemente sowohl im Bereich des Anlagenbaus als auch beim Anwender der Anlage festzustellen.
Dazu gehören

- Einsparungen an Material durch Konzipierung optimaler Lösungen
  Damit verbunden sind Senkungen der Investitionskosten und Reduzierungen der Bestände an Ersatzteilen, verbunden mit Einsparungen an Umlaufmitteln, von Montagelohnleistungen und Steigerung der Arbeitsproduktivität im Montagebereich
- Effekte aus der möglichen Erhöhung der Qualität der Projekte, die sich im Rückgang des Nacharbeitsaufwandes äußern
- Effekte aus der möglichen höheren Flexibilität im Exportgeschäft, die sich in einem schnelleren Reagieren und in der Erhöhung der Erfolgsquote zeigen.

4. Beurteilung der Effektivität

Nach Berechnung der Aufwands- und Nutzenselemente sind zur Beurteilung der Effektivität von Maßnahmen der rechnergestützten Projektierung Nutzen und einmaliger Aufwand als Effektivitätskennzahlen in Beziehung zu bringen. Grundsätzlich können damit alle Kennzahlen, die aus der Methodik zur Ermittlung der Effektivität von Maßnahmen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts hervorgehen [5], berechnet werden.

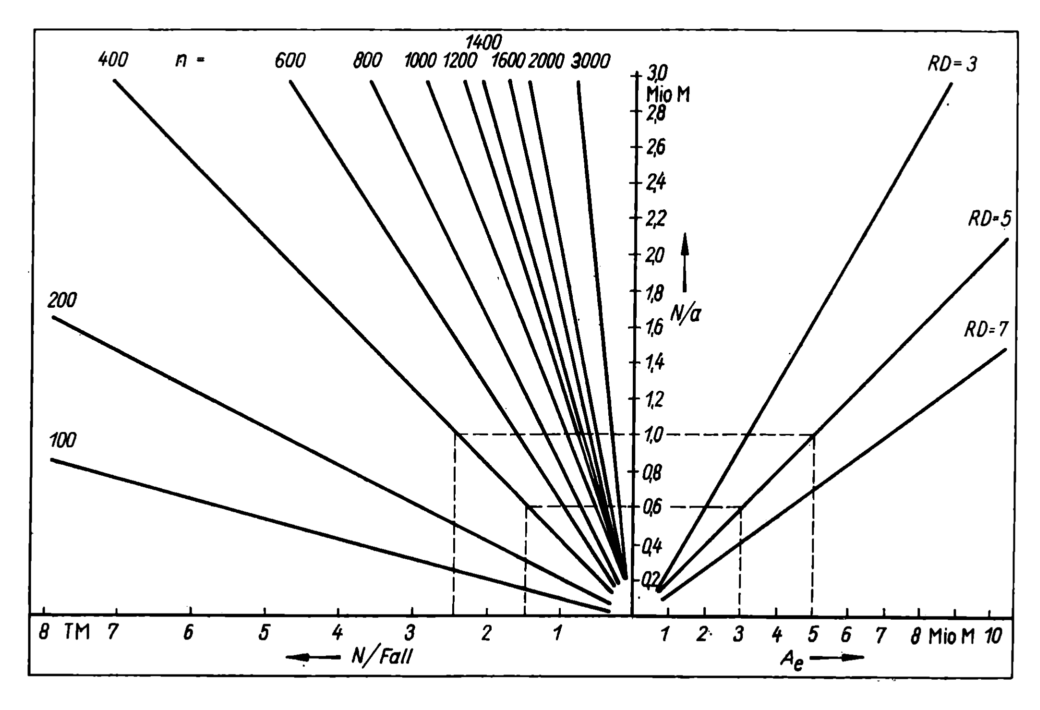


Bild 2. Nomogramm zur Berechnung von Grenzwerten für A_e, N/a, $N/Fall$ und n

N/a Nutzen je Jahr; $N/Fall$ Nutzen je Anwendungsfall; n Anzahl der Anwendungsfälle je Rechenprogramm im Jahr; A_e einmaliger Aufwand; RD Rückflußdauer

Die Höhe des jährlichen Nutzens ist abhängig von der Nutzungshäufigkeit des jeweiligen Rechenprogramms, deshalb muß eine Mindestzahl von Anwendungsfällen zum Erreichen einer Mindesteffektivität gesichert sein. Sie errechnet sich unter Nutzung der Rückflußdauer des einmaligen Aufwands nach

$$N_{\min} = \frac{A_e}{RD(N_P(P) + N_F(P))} . \tag{8}$$

RD Rückflußdauer; $N_P(P)$ Primärnutzen je Anwendungsfall; $N_F(P)$ Folgenutzen je Anwendungsfall

Dabei ist auch die Höhe der Arbeitszeiteinsparungen je Rechenprogramm von Einfluß. Je höher diese Einsparungen sind, desto geringer ist die Mindestzahl der Anwendungen. Dieser Zusammenhang geht aus Bild 2 hervor. Aus dem Nomogramm läßt sich die Anzahl der Anwendungsfälle bei Variierung der weiteren Rechengrößen ablesen. Die Rückflußdauer für eine Maßnahme ergibt sich nach

$$RD = \frac{A_e}{N_P + N_F} . \tag{9}$$

Die aus der Realisierung einer Maßnahme resultierende Steigerung der Arbeitsproduktivität kann über die Arbeitszeiteinsparung berechnet werden.

$$AP' = \left[\frac{\sum_{j=1}^{n} AZA(Pro)_j \, n(Pro)_j}{\sum_{j=1}^{n} AZA(Pro)_j - AZE(Pro)_j \, n(Pro)_j} - 1 \right] \cdot 100 . \tag{10}$$

$j = 1 \ldots n$ Laufvariable der Projekte

Zusammenfassung

Die im Rahmen der weiteren Entwicklung von Wissenschaft und Technik zunehmende Einführung der Rechentechnik zur Lösung von Projektierungsaufgaben trägt dazu bei, die Leistungsfähigkeit der Projektierungseinrichtungen zu erhöhen. Damit ist auch verbunden, die Effektivität der Projektierungsprozesse zu gewährleisten bzw. zu verbessern. Der dazu notwendige quantitative Nachweis setzt ein spezifisches Berechnungsinstrumentarium voraus, das im wesentlichen auf der erreichbaren Arbeitszeiteinsparung basiert und damit die vielfältigen Berechnungen von Effektivitätskennzahlen ermöglicht.
Dadurch werden die Projektierungseinrichtungen in die Lage versetzt, im Stadium der konzenptionellen Vorbereitung rechnergestützter Arbeiten Effektivitätsberechnungen durchzuführen und deren Ergebnisse als Grundlage von Entscheidungen auf diesem Gebiet zu nutzen.

Literatur

[1] *Fuchs, H.; Rudolph, H.:* Rechnergestützter Entwurf von Regelungssystemen. msr, Berlin 27 (1984) 11, S. 487–492.
[2] Autorenkollektiv: Technische Mittel in Konstruktion und Technologie. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
[3] Verordnung über das Pflichtenheft für Aufgaben der Forschung und Entwicklung. Pflichtenheft-Verordnung. Gesetzblatt Teil I, Nr. 1. Vom 14. 1. 1982.
[4] *Hauptmann, K.; Steuer, K.-H.:* Leistungsfaktor Elektronische Rechentechnik. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1982.
[5] Anordnung über die Rahmenrichtlinie für die Ermittlung, Planung, Kontrolle und Abrechnung der Effektivität der Maßnahmen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Gesetzblatt Teil I, Nr. 8. Vom 11. 3. 1982.

D. Biedermann

Nullstellenbestimmung für Mehrgrößensysteme mit Hilfe von Strukturgraphen

0. Einleitung

Neben den Polen bestimmen die Nullstellen wesentlich die Dynamik eines linearen Regelungssystems mit. So nehmen sie Einfluß auf die Übergangsvorgänge, insbesondere bei Allpaßverhalten des Systems, und auf Vorgänge im stationären Bereich, z.B. bei der Störgrößenkompensation. Häufig erscheinen die Pole des Reglers als Nullstellen des geschlossenen Regelkreises. Die Nullstellenmenge ist i. allg. damit noch nicht erschöpft. So kann ein proportionalgeregeltes System mit fixiertem Störeingangsort u. U. statisch invariant gegenüber Sprungstörungen sein, also über eine Nullstelle im Ursprung verfügen.
Analog zu den Polen kann man unterscheiden zwischen

- Nullstellen, die sich bei Schwankungen nichtverschwindender Strecken- und Reglerparameter ändern können
- Nullstellen, die bei exakt festliegenden Streckenparametern durch den Reglerentwurf nicht beeinflußbar sind (feste Nullstellen)
- Nullstellen, deren Lage unabhängig von den Strecken- und Reglerparametern bestimmt ist (strukturell feste Nullstellen).

Aufbauend auf dem geometrischen Zugang zu den Mehrgrößenregelungen von *Wonham* [1] wurden in [2] Algorithmen angeführt, nach denen durch Wahl einer dezentralen Ausgangsrückführung Nullstellen im Ursprung plaziert werden können bzw. ein identisches Verschwinden des Nullstellenpolynoms (Eingangs-Ausgangsentkopplung) erzielt werden kann.
Die im Beitrag vorzustellenden Bestimmungsmethoden für Nullstellen und Nullstellenpolynome basieren auf gewichteten oder ungewichteten Strukturgraphen. Es zeigt sich, daß die Resultate denen über Pole und Polstellenpolynome sehr ähnlich sind, wenn man die in [3] bis [5] verwendeten Begriffe der Zyklenfamilie und Zyklenweite in den Mittelpunkt stellt. Zur Gegenüberstellung wird am Ende ein anderes graphentheoretisches Kriterium aus [6] zur Bestimmung strukturell fester Nullstellen wiedergegeben, das auf der gleichen Nullstellenpolynombeziehung basiert. Eine Abschätzung der Dimension des Nullstellenpolynoms aus dem Strukturgraphen ist in [7] zu finden.

Dr. rer. nat. *Detlef Biedermann* (32) studierte von 1972 bis 1977 Mathematik an der Charkower Staatlichen Universität. Anschließend als wiss. Assistent zuerst am WB Optimierung der Sektion Mathematik, Rechentechnik und ökonomische Kybernetik der TH Ilmenau und von 1978 bis 1982 am WB Regelungstechnik und Prozeßsteuerungen der Sektion Technische Kybernetik und Elektrotechnik der TH Magdeburg tätig. 1983/84 Forschungsingenieur im VEB SKET Magdeburg. Im Februar 1985 Rückkehr zum o. g. WB der TH Magdeburg als wiss. Assistent. 1983 Promotion A. Seit 1. September 1985 wissenschaftlicher Oberassistent im WB Systemverfahrenstechnik der Sektion Verfahrenstechnik der TH „Car Schorlemmer" Leuna-Merseburg.

1. Systembeschreibung

Gegeben sei ein dynamisches System, beschrieben durch

$$\dot{\boldsymbol{x}}(t) = \boldsymbol{A}\boldsymbol{x}(t) + \boldsymbol{B}\boldsymbol{u}(t) + \boldsymbol{e}z(t) \tag{1}$$

$$\boldsymbol{y}^m(t) = \boldsymbol{C}^m\boldsymbol{x}(t) \tag{2}$$

$$y(t) = \boldsymbol{c}^T\boldsymbol{x}(t) \tag{3}$$

$$\boldsymbol{u}(t) = \boldsymbol{F}\boldsymbol{y}^m(t) , \tag{4}$$

mit den Vektoren $\boldsymbol{x}(t) \in \boldsymbol{R}^n$ der Zustandsgrößen, $\boldsymbol{u}(t) \in \boldsymbol{R}^m$ der Steuergrößen und $\boldsymbol{y}^m(t) \in \boldsymbol{R}^r$ der Meßgrößen, mit den Skalaren $z(t)$ als Störgröße und $y(t)$ als Regelgröße zum Zeitpunkt t. $\boldsymbol{A}, \boldsymbol{B}, \boldsymbol{C}^m, \boldsymbol{F}$ bzw. $\boldsymbol{e}, \boldsymbol{c}$ sind konstante reelle Matrizen bzw. Vektoren passender Dimension. Gesucht werden das Nullstellenpolynom $N(s)$ und die Anzahl seiner Nullstellen im Ursprung für

$$y(s) = -\frac{N(s)}{\det(s\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A} - \boldsymbol{B}\boldsymbol{F}\boldsymbol{C}^m)} z(s) . \tag{5}$$

Da dynamische Anteile eines linearen zeitinvarianten Reglers gemäß [1] und [8] gemeinsam mit der Regelstrecke als ein erweitertes System der Form (1) und (2) darstellbar sind, kann man sich bei der Beschreibung der Rückführung auf (4) beschränken. Dezentrale Regelstrukturen finden Berücksichtigung, indem $\boldsymbol{F}$ einem Rückführmuster unterworfen wird.

Oftmals muß man davon ausgehen, daß einige Parameter im System (1) bis (4) nicht bekannt sind oder Schwankungen unterliegen. Als strukturell äquivalent werden zwei durch $\boldsymbol{A}, \boldsymbol{B}, \boldsymbol{C}^m, \boldsymbol{F}, \boldsymbol{e}, \boldsymbol{c}$ und $\boldsymbol{A}', \boldsymbol{B}', \boldsymbol{C}^{m\prime}, \boldsymbol{F}', \boldsymbol{e}', \boldsymbol{c}'$ charakterisierte Systeme (1) bis (4) bezeichnet, wenn es für alle als Null fixierten Matrixelemente in $\boldsymbol{A}$ und $\boldsymbol{A}'$, in $\boldsymbol{B}$ und $\boldsymbol{B}'$, in $\boldsymbol{C}^m$ und $\boldsymbol{C}^{m\prime}$, in $\boldsymbol{F}$ und $\boldsymbol{F}'$, in $\boldsymbol{e}$ und $\boldsymbol{e}'$ sowie in $\boldsymbol{c}$ und $\boldsymbol{c}'$ eine identische Zuordnung gibt.

Definition: Das Nullstellenpolynom aus (5) sei gegeben durch

$$N(s) = p_{n-1}s^{n-1} + \ldots + p_2s^2 + p_1s + p_0 . \tag{6}$$

Das System (1) bis (4) verfügt über eine h-fach strukturell feste Nullstelle $s = 0$, wenn für $i = 1, 2, \ldots h$ (aber nicht für $i = h + 1$) in allen strukturell äquivalenten Systemen $p_{i-1} = 0$ gilt.

2. Graphentheoretische Definitionen

Zwischen einer quadratischen Zahlenmatrix $\boldsymbol{Q}$ der Ordnung q und einem gerichteten Graphen $G(\boldsymbol{Q})$ mit den voneinander verschiedenen Knoten $v_1, v_2, \dots, v_q$ läßt sich eine umkehrbar eindeutige Zuordnung herstellen, indem jedem Element q_{ij} aus $\boldsymbol{Q}$ genau dann eine Kante (v_j, v_i) vom Startknoten v_j nach dem Zielknoten v_i entspricht, wenn q_{ij} nicht verschwindet.
Dabei wird q_{ij} als Gewicht der Kante bezeichnet. Eine Folge von Kanten $(v_1, v_2), (v_2, v_3), \dots, (v_{l-1}, v_l)$ heißt Pfad von v_1 nach v_l, wenn alle berührten Knoten voneinander verschieden sind. Fallen in der Kantenfolge nur die Knoten v_1 und v_l zusammen, bildet sie einen Zyklus. Eine Menge von knotendisjunkten Zyklen heißt Zyklenfamilie. Ihr Gewicht wird durch das mit $(-1)^z$ multiplizierte Produkt der Gewichte aller in der Zyklenfamilie enthaltenen Kanten bestimmt, wobei z die Anzahl der Zyklen ist. Ist v_i Knoten eines Zyklus der Zyklenfamilie, so sagt man: Die Zyklenfamilie berührt den Knoten v_i.

Im folgenden werden die Graphen $\overline{G}_\mathrm{s}$ bzw. $\overline{G}$ für die quadratischen Matrizen $\boldsymbol{Q}(s)$ bzw. $\boldsymbol{Q}$ der Ordnung $n + m + r + 2$ gebildet, wobei

$$\boldsymbol{Q}(s) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \boldsymbol{c}^T & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \boldsymbol{C}^m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \boldsymbol{A} - s\boldsymbol{I} & \boldsymbol{B} & \boldsymbol{e} \\ 0 & \boldsymbol{F} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

und $\boldsymbol{Q} = \boldsymbol{Q}(s)\,|_{s=0}$ definiert sind. Hierin stehen 0 für Matrizen geeigneter Dimension und 1 für die Ziffer Eins. Dort, wo die Gewichte der Zyklenfamilien nicht von Interesse sind, werden $\overline{G}_\mathrm{s}$ und $\overline{G}$ ohne Strich geschrieben. Es wird unterschieden zwischen den Zustandsknoten $v_{\mathrm{r}+1+\mathrm{i}} = x_\mathrm{i}$ $(i = \overline{1, n})$, den Steuerknoten $v_{\mathrm{n}+\mathrm{r}+1+\mathrm{i}} = u_\mathrm{i}$ $(i = \overline{1, m})$, den Meßknoten $v_{1+\mathrm{i}} = y_\mathrm{i}^m$ $(i = \overline{1, r})$, dem Störknoten $v_{\mathrm{n}+m+r+2} = z$ und dem Regelknoten $v_1 = y$. Die Weite w einer Zyklenfamilie in $\overline{G}_\mathrm{s}$ oder $\overline{G}$ sei definiert als die Anzahl der von dieser Zyklenfamilie berührten Zustandsknoten.

3. Nullstellenpolynome

Für das geregelte System (1) bis (4) soll unter Verwendung von Graphen das Nullstellenpolynom $N(s)$ dargestellt werden. Verhältnismäßig einfach läßt sich aus den Graphen ablesen, ob das Polynom für alle Argumente s identisch verschwindet, d. h., ob Stör- und Regelgröße zu jeder Zeit voneinander entkoppelt sind.

Satz 1: Das Nullstellenpolynom $N(s)$ ist gleich der Summe der Gewichte aller die Knoten y und z berührenden Zyklenfamilien der Weite n in $\overline{G}_\mathrm{s}$.

Folgerung 1: Für das System (1) bis (4) gilt $N(s) \equiv 0$ genau dann, wenn entweder keine die Knoten y und z berührende Zyklenfamilie der Weite n in $\overline{G}_\mathrm{s}$ existiert oder wenn es mehr als eine derartige Zyklenfamilie gibt, wobei die Summe der Gewichte aller dieser Zyklenfamilien bez. s identisch Null ist.

Folgerung 2: Nachstehende Aussagen sind äquivalent.

1. Für alle zum System (1) bis (4) strukturell äquivalenten Systeme gilt $N(s) \equiv 0$.
2. Es existiert keine die Knoten y und z berührende Zyklenfamilie der Weite n in $\overline{G}_\mathrm{s}$.
3. Es existiert kein Pfad von z nach y in G.

Bemerkung: Aus einer Gegenüberstellung von Strukturgraph und Signalflußbild ist ersichtlich, daß ein Störsignal die Regelgröße ausschließlich über die durch Pfade von z nach y berührten Zustandsgrößen erreicht.
Die Beweise von Satz 1 und Folgerung 2 sind im Anhang zu finden. Folgerung 1 läßt sich unmittelbar aus Satz 1 ableiten.

Beispiel 1:

Zu bestimmen ist das Nullstellenpolynom für

$$\boldsymbol{Q}(s) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & c_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_4^m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{11} - s & 0 & a_{13} & 0 & b_1 & 0 \\ 0 & 0 & a_{21} & -s & a_{23} & a_{24} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{32} & a_{33} - s & 0 & 0 & e_3 \\ 0 & 0 & 0 & a_{42} & 0 & -s & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

mit $n = 4$ und $m = r = 1$. Der Graph $\overline{G}_\mathrm{s}$ enthält 3 Zyklenfamilien der Weite n (Bild 1). Damit ist

$$N(s) = e_3 c_1 a_{13} a_{42} a_{24} - e_3 c_1 a_{13} s^2 - e_3 c_1 b_1 f c_4^m \cdot a_{42} a_{23}\,.$$

4. Nullstellen im Ursprung

Entsprechend der in der Einleitung getroffenen Differenzierung zwischen den verschiedenen Arten von Nullstellen werden nun die Bestimmungsmethoden angeführt.

Satz 2: Es sei $N(s) \not\equiv 0$. Dann hat $N(s)$ eine h-fache Nullstelle in $s = 0$ genau dann, wenn für alle $w = n, n - 1, \dots, n - h + 1$ (aber nicht für $w = n - h$) eine der nachfolgenden Bedingungen gilt:

1. Es existiert keine die Knoten y und z berührende Zyklenfamilie der Weite w in $\overline{G}$.
2. Es existieren zwei oder mehr derartige Zyklenfamilien der Weite w in $\overline{G}$; jedoch die Summe ihrer Gewichte ist gleich Null.

Satz 3: Es sei $N(s) \not\equiv 0$. Dann hat $N(s)$ eine h-fache feste Nullstelle in $s = 0$ genau dann, wenn für alle $w = n, n - 1, \dots, n - h + 1$ (aber nicht für $w = n - h$) eine der nachfolgenden Bedingungen gilt:

1. Es existiert keine die Knoten y und z berührende Zyklenfamilie der Weite w in $\overline{G}$.
2. Es existieren zwei oder mehr derartige Zyklenfamilien der Weite w in $\overline{G}$, wobei die Summe ihrer Gewichte unabhängig von der Wahl der nichtverschwindenden Matrixelemente aus $\boldsymbol{F}$ stets gleich Null ist.

Satz 4: Es sei $N(s) \not\equiv 0$. Dann hat $N(s)$ eine h-fach strukturell feste Nullstelle in $s = 0$ genau dann, wenn für alle $w = n, n - 1, \dots, n - h + 1$ (aber nicht für $w = n - h$) keine die Knoten y und z berührende Zyklenfamilie der Weite w in G existiert.
Die Richtigkeit der Aussage des Satzes 2 wird im Anhang nachgewiesen. Damit wird Satz 3 offensichtlich. Der Beweis von Satz 4 ist mit der Argumentation aus dem Beweis der Äquivalenz der Aussagen 2 und 3 in Folgerung 2 zu führen.
Zur Gegenüberstellung wird folgendes Resultat aus [6] in abgewandelter Formulierung angeführt.

Satz 5: Es sei $N(s) \not\equiv 0$. Weiterhin werde jedem Pfad von z nach y in G ein Teilgraph G_{zy} aus G zugeordnet, der durch Entfernen aller vom Pfad berührten Knoten und der mit ihnen inzidierenden Zweige entstanden ist. Damit hat $N(s)$ genau dann eine h-fach strukturell feste Nullstelle, wenn für $i = h$ (aber nicht für $i = h + 1$) gilt: Für einen beliebigen Teilgraphen G_{zy} von G und eine beliebige Zyklenfamilie $\boldsymbol{F}$ in G_{zy} gibt es i Zustandsknoten, die von $\boldsymbol{F}$ nicht berührt werden.

Beispiel 2:

Für Beispiel 1 ist ohne Verwendung von $N(s)$ die Anzahl der Nullstellen $s = 0$ zu bestimmen. Der Graph G enthält zwei die Knoten y und z berührende Zyklenfamilien der Weite n, die im Bild 1 unter a) und c) dargestellt wurden. Nach Satz 2 hat $N(s)$ genau dann keine Nullstelle $s = 0$, wenn die Summe $q \overset{\mathrm{def}}{=} e_3 c_1 a_{13} a_{24} a_{42} - e_3 c_1 b_1 f c_4^m a_{42} a_{23}$ der Gewichte verschieden von Null ist. Gilt jedoch $q = 0$, hat $N(s)$ eine zweifache Nullstelle $s = 0$, da in diesem Fall G weder y und z berührende Zyklenfamilien der Weite n noch solche der Weite $n - 1$ hat.

Beispiel 3:

Obwohl für das durch G im Bild 2 beschriebene System die Regelgröße $y = x_1$ nicht meßbar ist, konnte ihre statische Invarianz gegenüber Sprungstörungen gesichert werden: In G gibt es keine Zyklenfamilie der Weite n, jedoch zwei Zyklen-

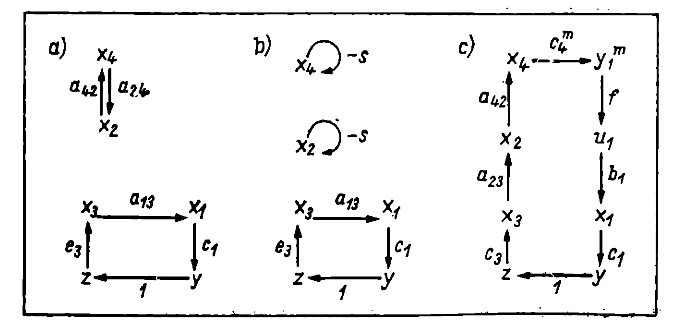


Bild 1. Drei Zyklenfamilien der Weite n

bestehend aus a) zwei Zyklen, b) drei Zyklen, c) einem Zyklus

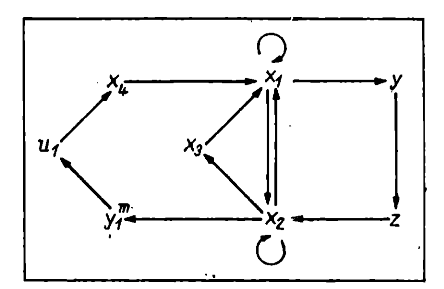


Bild 2. Strukturgraph für Beispiel 3

familien der Weite $n - 1$. Nach Satz 4 ist $s = 0$ eine einfach strukturell feste Nullstelle.

Bemerkung: Für die Anwendung des Satzes 2 auf h-fache Nullstellen $\lambda \neq 0$ von $N(s)$ wird $\overline{G}$ durch den Graphen $\overline{G}_\lambda$ ersetzt, der nach Festlegung $s = \lambda$ aus $\boldsymbol{Q}(\lambda) = \boldsymbol{Q}(s)|_{s=\lambda}$ wie $\overline{G}_s$ zu bilden ist. Der Beweis ist wie in [4] für Pole $\lambda \neq 0$ zu führen.

Zusammenfassung

Anliegen dieses Beitrages ist der Nachweis der Ähnlichkeit der graphentheoretischen Methoden, mit denen sich Nullstellen und Pole von Mehrgrößensystemen bestimmen lassen. So ist ohne Aufwand feststellbar, ob eventuell Pole und Nullstellen eines Systems zusammenfallen. Bezüglich der Bedeutung dieser Methoden für den Reglerentwurf wird auf [4] verwiesen. Das Hauptresultat beinhaltet eine Vorschrift zur Ermittlung des Nullstellenpolynoms bei Vorlage eines gewichteten Strukturgraphen.

Anhang

a) *Lemma*: Es sei $\boldsymbol{c}^T = [c_1, c_2, \dots, c_n]$ und $\boldsymbol{e}^T = [e_1, e_2, \dots, e_n]$.

$\boldsymbol{P} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ i_1 & i_2 & \dots & i_n \end{bmatrix}$ bezeichne die Permutationsmatrix der paarweise verschiedenen Indizes $i_1, i_2, \dots, i_n$ mit der natürlichen Anordnung $1, 2, \dots, n$. Weiterhin sei t die Anzahl der Transpositionen, die man benötigt, um aus $i_1, i_2, \dots, i_n$ die natürliche Anordnung zu erhalten.

Dann gilt

$$N(s) = \sum_{l=1}^{n} \sum_{\boldsymbol{P}} (-1)^{t+n} d_l(s)\, e_{i(l)} c_l \tag{7}$$

für $d_l(s) \stackrel{\text{def}}{=} \tilde{a}_{i(1)1} \tilde{a}_{i(2)2} \dots \tilde{a}_{i(l-1)\,l-1} \tilde{a}_{i(l+1)\,l+1} \dots \tilde{a}_{i(n)n}$

und $[\tilde{a}_{ik}]_1^n \stackrel{\text{def}}{=} \tilde{\boldsymbol{A}}(s) \stackrel{\text{def}}{=} \boldsymbol{A} + \boldsymbol{BFC}^m - s\boldsymbol{I}$.

Beweis: Es ist zu zeigen, daß für

$$n_{lk}(s) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{\boldsymbol{P},\, i_l = k} (-1)^t d_l(s)$$

die Beziehung

$$\tilde{\boldsymbol{A}}(s) \cdot [n_{lk}(s)]_1^n = \boldsymbol{I} \cdot \det \tilde{\boldsymbol{A}}(s) \tag{8}$$

gilt. Daraus folgt dann mit (5)

$$\begin{aligned} N(s) &= -\boldsymbol{c}^T(s\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A} - \boldsymbol{BFC}^m)^{-1} \boldsymbol{e} \cdot \det (s\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A} - \boldsymbol{BFC}^m) \\ &= (-1)^n \boldsymbol{c}^T [n_{lk}(s)]_1^n \boldsymbol{e} \\ &= (-1)^n \sum_{l=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} c_l n_{lk}(s)\, e_k \\ &= \sum_{l=1}^{n} \sum_{\boldsymbol{P}} (-1)^{t+n} d_l(s)\, e_{i(l)} c_l\,. \end{aligned}$$

In der Tat ist

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{n} n_{lk}(s)\, \tilde{a}_{kv} &= \sum_{k=1}^{n} \sum_{\boldsymbol{P},\, i_l = k} (-1)^t d_l(s) \cdot \tilde{a}_{kv} \\ &= \sum_{\boldsymbol{P}} (-1)^t d_l(s)\, \tilde{a}_{i(l)v}\,. \end{aligned}$$

Für $v = l$ ist die zuletzt erhaltene Summe gleich der Determinante von $\tilde{\boldsymbol{A}}(s)$ [9]. Für $q \stackrel{\text{def}}{=} v - l \neq 0$ treten in jedem Term die Faktoren $a_{i(l)\,l+q}$ und $a_{i(l+q)\,l+q}$ auf. Ordnet man die Summanden paarweise an, so daß in einem Summanden $i_l = x$, $i_{l+q} = y$ und im anderen $i_l = y$, $i_{l+q} = x$ für zwei Elemente x und y der Menge $\{1, 2, \dots, n\}$ stehen, so erhält man für jedes Summandenpaar den Wert Null. Damit ist die Richtigkeit von (8) gezeigt.

b) *Beweis von Satz 1*: Offenbar ist das Gewicht eines Zyklus in $\overline{G}_s$ gleich dem Gewicht des entsprechenden Zyklus im aggregierten Graphen $\overline{G}_s^*$, der entsteht, indem man jede Kantenfolge in $\overline{G}_s$ mit Zustandsknoten als Start- und Zielknoten — jedoch nicht als Zwischenknoten — durch eine die beiden Zustandsknoten verbindende Kante mit gleichem Richtungssinn ersetzt und dieser Kante als Gewicht das Produkt der Gewichte der Kantenfolge zuordnet. In einem zweiten Schritt ist anstelle von ggf. mehreren den gleichen Start- und den gleichen Zielknoten verbindenden Kanten nur eine Kante zu belassen und ihr als Gewicht die Summe der Kantengewichte beizufügen. Ausgenommen vom zweiten Schritt sind alle Kanten (x_l, x_k) mit dem Gewicht $e_k \cdot c_l$. Von x_l nach x_k führen damit zwei Kanten mit den Zahlenwerten $e_k \cdot c_l$ und $\tilde{a}_{kl}$ als Gewicht, vorausgesetzt beide Zahlenwerte sind von Null verschieden.

Folglich kann $g_l(s) \stackrel{\text{def}}{=} (-1)^z d_l(s)\, e_{i(l)} c_l$ als Gewicht einer Zyklenfamilie der Weite n in $\overline{G}_s^*$ interpretiert werden, deren Kante $(x_l, x_{i(l)})$ das Gewicht $e_{i(l)} c_l$ hat. $\sum_{\boldsymbol{P}} g_l(s)$ ist die Summe der Gewichte jener Zyklenfamilien der Weite n in $\overline{G}_s^*$, deren Äquivalente in $\overline{G}_s$ die Kante (x_l, y) enthalten. Durch den zweiten Schritt der Bildung des aggregierten Graphen wurden mehrere Zyklenfamilien in $\overline{G}_s$ zu einer Zyklenfamilie in $\overline{G}_s^*$ zusammengefaßt. Offenbar hat jede dieser Zyklenfamilien die gleiche Anzahl von Zyklen z. Wenn $(-1)^z = (-1)^{n+t}$ gezeigt werden kann, ist mit (7) Satz 1 bewiesen. In der Tat gilt für eine Zyklenfamilie in $\overline{G}_s^*$, bestehend aus z Zyklen mit jeweils n_j Knoten $t = t_1 + t_2 + \dots + t_z$, $n = n_1 + n_2 + \dots + n_z$ und $t_j = n_j - 1$, wobei t_j die Anzahl der Transpositionen für den j-ten Zyklus sein soll, die zur Überführung der Indizes des Zyklus in die natürliche Anordnung notwendig sind.

Damit ist $t = n - z$ und Satz 1 ist bewiesen.

c) Die Folgerung 1 ergibt sich unmittelbar aus Satz 1.

d) *Beweis der Folgerung 2*: Aus Aussage 2 folgt nach Satz 1 die Aussage 1. Umgekehrt resultiert aus der Aussage 1 unter Beachtung der Folgerung 1, daß entweder keine die Knoten y und z berührende Zyklenfamilie der Weite n in $\overline{G}_s$ existiert oder die Gewichte sämtlicher Zyklenfamilien dieser Gestalt in der Summe identisch Null sind. Der zweite Sachverhalt gilt nur dann für alle strukturell äquivalenten Systeme, wenn sich die Gewichte paarweise zu Null addieren und abgesehen von den Vorzeichen die gleichen Faktoren enthalten. Dieser Fall existiert nicht, da jede Zyklenfamilie nur einmal bei der Bildung von $N(s)$ erfaßt wird. Damit ist die Äquivalenz der Aussagen 1 und 2 gezeigt. Existiert nun ein Pfad von z nach y in G, so existiert ein die gleichen Kanten enthaltener Pfad in G_s. Zusammen mit dem Zweig (y, z) in G_s und den Schleifen für alle durch den Pfad nicht berührten Zustandsknoten ergibt sich eine die Knoten y und z berührende Zyklenfamilie der Weite n. Die Umkehrung des logischen Schlusses ist offensichtlich.

e) *Beweis von Satz 2*: $\overline{G}^*$ sei ein Graph, entstanden aus $\overline{G}_s^*$ (s. Beweis von Satz 1) durch Änderung seiner Gewichte für $s = 0$. Jeder durch s^k, aber nicht durch s^{k+1} teilbare Term in (7) ist gleich dem Gewicht einer umkehrbar eindeutig zuordenbaren Zyklenfamilie der Weite $n - k$ in $\overline{G}^*$, das mit s^k multipliziert wurde. Die Summe p_{n-k} der Gewichte sämtlicher Zyklenfamilien der Gestalt ist gleich der Summe der Gewichte aller die Knoten y und z berührenden Zyklenfamilien der Weite $n - k$ in $\overline{G}$. Nun ist $s = 0$ h-fache Nullstelle in $N(s)$ genau dann, wenn $p_{n-l} = 0$ für alle $l < h$ und $p_{n-h} \neq 0$. Damit ist $p_{n-l} = 0$ äquivalent, daß entweder keine die Knoten y und z berührende Zyklenfamilie der Weite $w = n - l$ in $\overline{G}$ existiert oder wenigstens zwei derartige Zyklenfamilien existieren, jedoch die Summe der Gewichte aller Zyklenfamilien der Gestalt gleich Null ist. $p_{n-h} \neq 0$ ist gleichbedeutend damit, daß keiner der beiden Fälle für $w = n - h$ zutrifft.

Literatur

[1] *Wonham, W. M.*: Linear Multivariable Control. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1974.

[2] *Biedermann, D.*: Störungsunterdrückung durch dezentrale Ausgangsrückführung. msr, Berlin 26 (1983) 12, S. 701—704 und 706.

[3] *Reinschke, K.*: Graph-theoretic characterization of structural properties by means of paths and cycle families. Preprints IFAC 9th World Congress, Budapest (1984), vol. VIII, pp. 76—81.

[4] *Reinschke, K.*: Graph-theoretic characterization of fixed modes in centralized and decentralized control. Int. J. Control 39 (1984) 4, pp. 715—729.

[5] *Reinschke, K.*: Struktureller Zugang zum Reglerentwurf durch Polvorgabe. msr, Berlin 26 (1983) 6, S. 313—318.

[6] *Biedermann, D.*: Strukturierung eines robusten dezentralen Störgrößenkompensators. msr, Berlin 25 (1982) 11, S. 639—640.

[7] *Söte, W.*: Eine graphische Methode zur Ermittlung der Nullstellen in Mehrgrößensystemen. Regelungstechnik, München 28 (1980) 10, S. 346—348.

[8] *Wang, S. H.; Davision, E. J.*: On the stabilization of decentralized control systems. IEEE Trans. AC-18 (1973) 5, S. 473—478.

[9] *Gantmacher, F. R.*: Matrizenrechnung, Teil I. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1970.

msr 8406

J. Bergmann

Gestalten von Lern- und Trainingsprozessen in Prozeßwarten

0. Einleitung

Die Effektivität einer automatisierten verfahrenstechnischen Anlage wird in hohem Maße durch die Qualität der Wechselwirkungsprozesse zwischen technologischer Anlage, Automatisierungsanlage und Anlagen- bzw. Wartenfahrer bestimmt. Mit zunehmendem Automatisierungsgrad konzentrieren sich die allgemein als Kommunikation bezeichneten Wechselwirkungsprozesse zwischen Mensch und technischer Anlage mehr und mehr auf zentral oder dezentral angeordnete Leitstände, oft räumlich abgetrennte Warten. Jedes konkrete aktuelle Kommunikationsergebnis hängt neben den an den Leitständen objektiv vorliegenden Arbeitsanforderungen (u. a. Merkmale der übertragenen Arbeitsaufgaben und der installierten Kommunikationseinrichtungen [1]) auch von den beim Leitstandpersonal disponibel vorhandenen, als Arbeitsvoraussetzungen bezeichneten Einstellungs-, Wissens-, Fähigkeits- und Fertigkeitskomponenten ab. Das betrifft sowohl die konkreten Tätigkeitswirkungen (gegenständliches Arbeitsergebnis, positive oder negative Beanspruchung [1]) als auch die Art und Weise, wie moderne Kommunikationseinrichtungen [2] genutzt werden.

Daraus folgt, daß neben einer anforderungsgerechten Gestaltung der Wartentätigkeit und -bedingungen [1] und [2] auch der anforderungsspezifischen Entwicklung der Arbeitsvoraussetzungen der ausgebildeten Warten- bzw. Anlagenfahrer besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden muß. Diese Forderung gewinnt bei den neuen, intensivierungsbedingten Prozeß- und Anlageneigenschaften (hohe Prozeßgeschwindigkeiten, starke technologische Integration, geringe Stabilitätsreserven, höhere Anlagenzuverlässigkeit und -flexibilität) an Bedeutung, da einerseits die Lerngelegenheiten im direkten Arbeitsprozeß seltener werden (Verlängerung der Einarbeitungszeiten [4]) und andererseits quantitativ und qualitativ höhere und neue Anforderungen an das Bedienpersonal vor allem in außergewöhnlichen Situationen entstehen. Die damit verbundenen erheblichen Konsequenzen, die Fehlhandlungen für Gesundheit, materielle Werte und Produktivität verursachen, führen zu hoher Arbeitsbelastung beim Erleben nicht hinreichender Handlungskompetenz (Angst vor Versagen).

Da die bisher vorwiegend praktizierten institutionalisierten Formen der Aus- und Weiterbildung von Wartenfahrern, der sich daraus ergebenden Notwendigkeit nach einer planmäßigen, kontinuierlichen und anforderungsspezifischen Weiterentwicklung der Arbeitsvoraussetzungen nicht in vollem Umfang gerecht werden können, ist es unumgänglich, nach neuen Wegen zu suchen. Es werden deshalb nachfolgend konzeptionelle Überlegungen zu einer dualen Weiterbildungsstrategie (Selbstbefähigung und Training [5]), die als Ergänzung bzw. zur Unterstützung derzeit praktizierter Lernmethoden in Warten gedacht ist, entwickelt und deren Integration in den Arbeitsprozeß moderner Warten zur Diskussion gestellt.

1. Beziehungen zwischen äußeren (sichtbaren) und inneren (psychischen) Strukturkomponenten der Wartentätigkeit

Jeder wahrnehmbare Verlauf einer Wartentätigkeit wird vor und während der eigentlichen Handlungsausführung durch den Wartenfahrer gedanklich programmiert und kontrolliert („reguliert" [6]). Die jeweils anforderungsspezifisch vorliegende Tätigkeitsstruktur setzt sich somit aus einem beobachtbaren (Vollzugsstruktur) und einem unsichtbaren (psychische Struktur) Anteil zusammen (Bild 1). Da die statischen und dynamischen Komponenten des psychischen Anteils determinieren, wie gehandelt wird, also leistungsbestimmend sind, müssen sie, entgegen der oft anzutreffenden Praxis, Schwerpunkt tätigkeitsspezifischer Lern- und Trainingsprozesse sein.

Vereinfacht betrachtet ist jede psychische Tätigkeitsstruktur programmähnlich hierarchisch organisiert, wobei einem relativ groben Oberprogramm im Detailliertheitsgrad zunehmende Haupt- und Unterprogramme (sog. mentale Handlungsabbilder), bestehend aus Folgen zielorientierter Transformationsschritte [7] zugeordnet sind (Bild 2). Das Strukturierungsergebnis und der Erzeugungsaufwand hängen wesentlich vom aktuellen Voraussetzungsniveau des Wartenfahrers ab. Für die Bewältigung neuer Wartenanforderungen, also im relativ ungelernten Zustand, erfolgt der Programmaufbau schwerpunktmäßig auf der Basis diagnostischer und prognostischer Denkvorgänge bei intensiver Informationsverarbeitung unter hoher Beanspruchung des Kurzzeitgedächtnisses.

Dazu werden hinreichend differenzierte mentale Abbilder (interne Modelle) über die vorliegende Arbeitsanforderung sowohl zeitstabil (Anlage, Prozeß, Parameter und ihre Toleranzbereiche) als auch aktualisiert (Anlagen- und Prozeßzustand) benötigt.

Mit einer wiederholten Bewältigung gleicher Anforderungen verfestigen sich einzelne Programmeinheiten (psychische Automatisierung [6]), wobei sich die Anzahl der bewußt auszuführenden Transformationsschritte auf ein Minimum reduziert. Sie werden algorithmiert und/oder abstrahiert im Langzeitgedächtnis abgelegt und stehen dem Wartenfahrer als unbewußt aufrufbare sensumotorische Fertigkeiten [6] oder an ähnliche Anforderungssituationen bewußt anpaßbare (Analogieschluß [8]) Programmodule zur Generierung aktueller Handlungsprogrammstrukturen zur Verfügung. Erst durch diese kognitive Rationalisierung gewinnt der Wartenfahrer die für die Bewältigung komplexer Anforderungen notwendige Informationsverarbeitungskapazität (Bild 3).

Der Aufbau dieser als Handlungsbasis und -bestandteil (regulativ) wirkenden mentalen Abbilder ist also an die aktive Tätigkeit, an den Umgang mit komplexen Arbeitssituationen gebunden. Es liegt deshalb auf der Hand, daß dieser Prozeß bei Wartenfahrern wesentlich unterstützt und beschleunigt (Reduzierung von Einarbeitungszeiten) werden kann bzw. erst ermöglicht wird, wenn man durch planmäßige Lern- und Trainingsprozesse die Herausbildung solcher abstrahierter Struktureinheiten und die Fähigkeiten zu deren anforderungsspezifischen Adaption und Verknüpfung bewußt fördert. Die vorliegende Konzeption geht davon aus, daß man den bisher für nötig erachteten Simulations- und Trainingsaufwand auf ein realisierbares Maß reduzieren kann (Einsparung von kostenintensiven Simulationsanlagen sowie von zeitintensiven Selektions- und Abstrahierungsleistungen), wenn es gelingt, die Ausbildung unter Verwendung von Trainingsbausteinen auf anforderungsrelevant ausgewählte, genügend abstrakte, an konkrete Situationen anpaßbare leistungsbestimmende Voraussetzungseinheiten und deren Verknüpfung zu konzentrieren (selektives kognitives Training). Basis dafür ist die Auswahl wartentypischer Anforderungen und ihre hierarchische Untergliederung in aufgaben- bzw. aufgabenphasenbezogene Module.

2. Wartenspezifisch relevante Anforderungs- und Voraussetzungsmerkmale

Analysiert man den für prozeßbezogene Wartenaufgaben [1] typischen Tätigkeitsverlauf, so kann man in Anlehnung an den von *Hacker* [6] beschriebenen Regulationszyklus folgende iterativ auftretende Phasen unterscheiden (Bild 4):

1. Handlungsveranlassung bzw. -sicherung (Phase 1)

Übernahme einer aktuellen Wartenaufgabe (bzw. -teilaufgabe) als persönliches Ziel (bzw. Teilziel) sowie Schaffung der für die laufende Anforderungsbewältigung notwendigen Konzentration und Eigenaktivierung. Ausgelöst wird diese Phase durch aufgabeninitiierende Ergebnisse der Interpretation aktuell wahrgenommener Informationen.

2. Situationserfassung (Phase 2)

Analyse der aktuellen, auf die ausgelöste Aufgabe und ihre Ziele bezogenen Prozeß- und Anlagenzustände und ihrer Entwicklung zum Zweck der Ursachenermittlung, zur Maßnahmenzuordnung und zur Antizipation bzw. Kontrolle von Handlungswirkungen. Die Analyse basiert auf komplexen Identifizierungs- und Interpretierungsprozessen, indem anforderungsbezogene Beziehungen zwischen sensorisch erfaßten Daten und spezifischem, operativ verfügbarem Wissen hergestellt bzw. aufgedeckt werden.

3. Strategiewahl bzw. -modifikation und Handlungsausführung (Phase 3)

Ziel- und arbeitsmittelbezogene gedankliche Konstruktion bzw. Modifikation des Handlungsprogramms (vgl. Abschn. 1.). Unter

Dr. sc. techn. *Jürgen Bergmann* (50) arbeitete nach der Berufsausbildung zum Möbeltischler als Facharbeiter und Meister in verschiedenen Betrieben der Möbel- und Pianoindustrie. 1960 bis 1965 Qualifizierung zum Ingenieur für Holztechnik an der Ingenieurschule in Dresden. 1965 bis 1977 Projektingenieur im Zentralen Projektierungsbüro für Holz- und Kulturwaren Leipzig. 1966 bis 1969 Fernstudium „BMSR-Technik" an der Ingenieurschule Jena und 1970 bis 1976 Fernstudium Technische Kybernetik an der TU Dresden. Seit 1978 wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl „Projektierung" der TH Leipzig. 1981 Promotion A und 1984 Promotion B.

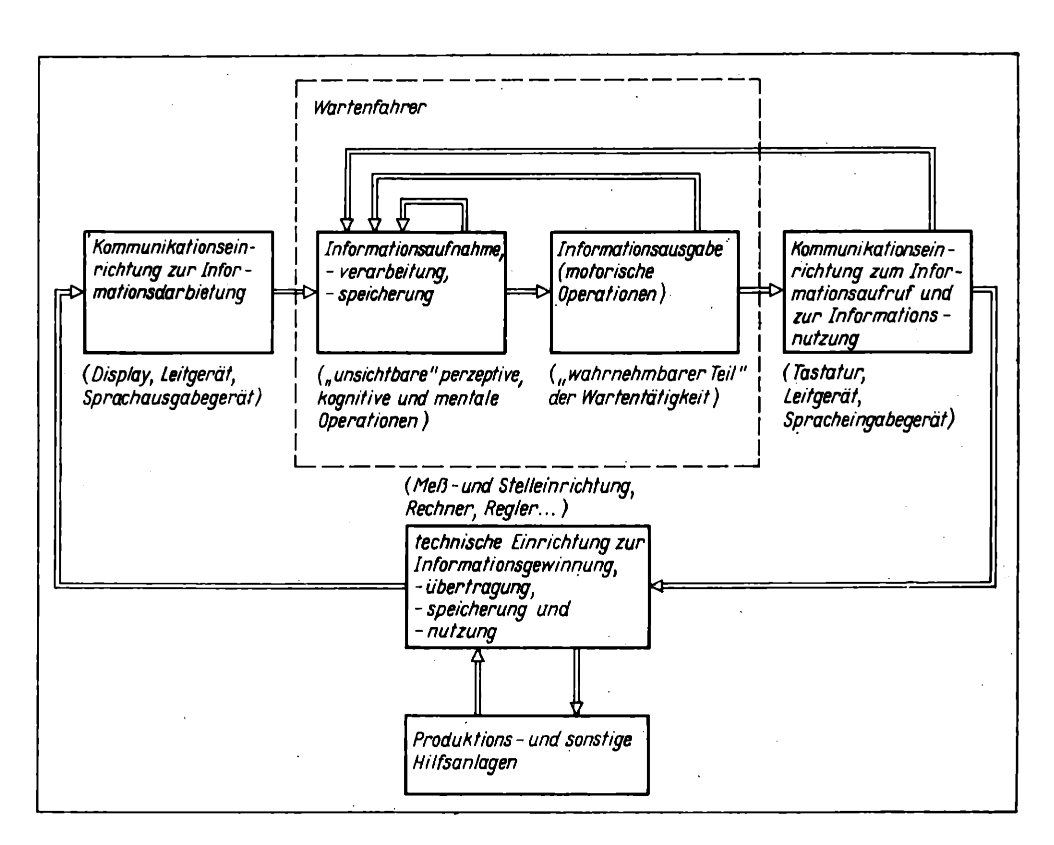


Bild 1. Allgemeine Struktur des Gesamtsystems Wartenfahrer — Technische Anlage

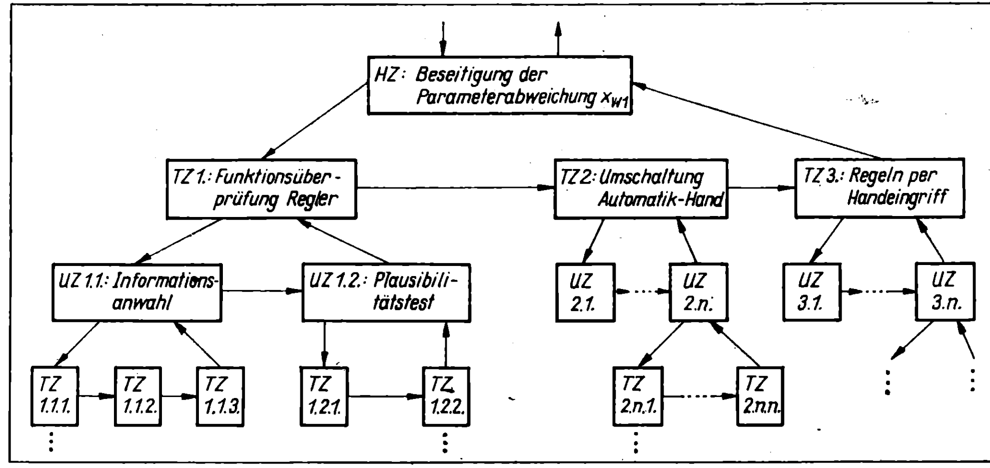


Bild 2. Beispiel einer zielorientierten Programmhierarchie eines einer Stabilisierungsaufgabe zugeordneten Teilprozesses

HZ Hauptziel; TZ Teilziel; UZ Unterziel

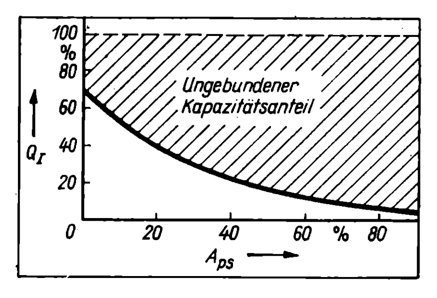


Bild 3. Qualitatives Schema zum Gewinn an Informationsverarbeitungskapazität Q_I in Abhängigkeit vom Anteil disponibel vorhandener, anwend- oder adaptierbarer Handlungsprogrammstruktureinheiten Aps

Beachtung der vorhandenen Freiheitsgrade und unter Verwendung verfügbarer Wissensbestandteile, der aktuell in Phase 2 gewonnenen Erkenntnisse sowie effektivitätsbeurteilender Kriterien wird der Handlungsablauf festgelegt bzw. modifiziert und ausgeführt.

Ausgangspunkt für die Auswahl der diesen Aufgabenphasen zugeordneten Anforderungsmodule muß eine konkrete Analyse der spezifisch vorliegenden Wartenanforderungen sein [9] [10] und [11]. Dabei sind sowohl alle anfallenden prozeß- und anlagenbezogenen Wartenaufgaben als auch die für die Ausführung vorgesehenen arbeitsmittel- und prozeßspezifischen Arbeitsbedingungen einzubeziehen. Bei der Abstrahierung muß darauf geachtet werden, daß durch die Sicherung ausreichender Ähnlichkeitsbeziehungen und durch das Hinzufügen beispielhafter dominanter Details eine hinreichende Adaption an konkrete Situationen möglich ist. Die einzelnen Anforderungsmodule sollten sich durch charakteristische Komponenten und Merkmale unterscheiden. Eine repräsentative Übersicht wird in Tafel 1 vorgestellt.

Aus diesen katalogisierten Anforderungskomponenten lassen sich die notwendigen Voraussetzungsmerkmale als Bestandteil der Trainingsziele ableiten (Tafel 2). Weitere wichtige Zielkomponenten sind geeignete heuristische Verknüpfungs- und Adaptionsregeln zur Gewährleistung eines positiven Transfers (Übertragen auf konkrete Anforderungssituationen unter Verwendung der hier als in der Ausbildung vermittelte Kenntnisse vorausgesetzten mentalen Prozeß- und Anlagenabbilder).

Auf der Grundlage dieses Kataloges von Anforderungsmoduln kann rationell und mit einem relativ geringen Bedarf an A-priori-Informationen die für die jeweilige Trainingsphase notwendige Anforderungseinheit konstruiert (Bild 5) und in Form von Trainingsbausteinen simuliert werden. Diese haben dann typische, auf Aufgabenphasen, Teilaufgaben und/oder Aufgaben bezogene Anforderungen des Wartenfahrers zum Lerngegenstand.

3. Wechselwirkung zwischen der Gestaltung der Wartenanforderungen und der Entwicklung der Arbeitsvoraussetzungen

Vorstehende Ausführungen machen deutlich, daß einerseits die projektierten Wartenanforderungen bestimmte Voraussetzungskomponenten bedingen, andererseits die Entwicklung von Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten wesentlich von den dem Wartenfahrer übertragenen Aufgaben und den in der Warte

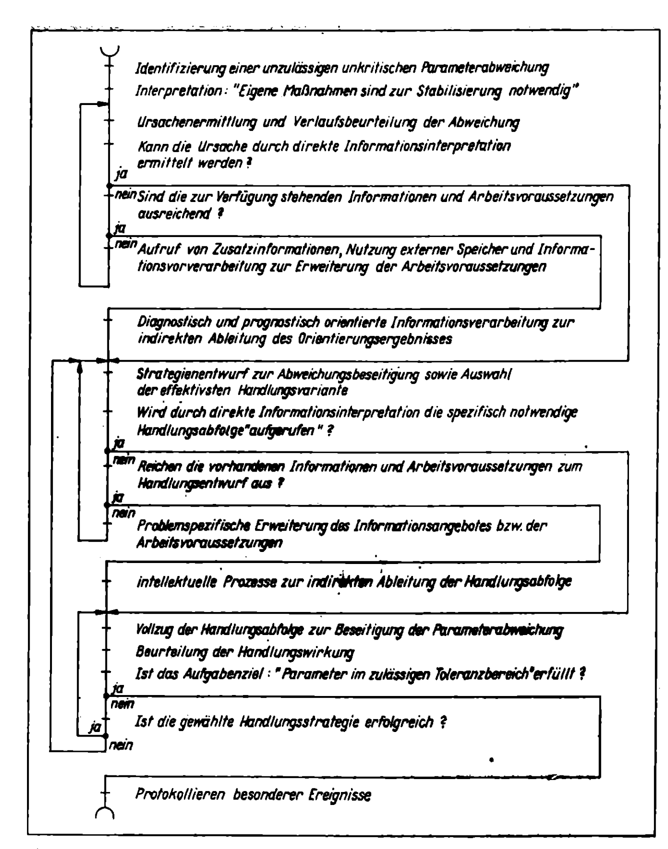


Bild 4. Grobstruktur einer Stabilisierungsaufgabe

vorliegenden Bedingungen abhängt (Abbau oder Aufbau von Lernbarrieren). Die planmäßige Voraussetzungsentwicklung, sowohl arbeits- als auch trainingsbedingt, stellt deshalb bestimmte Anforderungen an die Gestaltung der Wartenanforderungen. Es seien hier hervorgehoben:

1. Die *Funktionsteilung* zwischen Wartenfahrer und technischer Anlage muß gewährleisten, daß alle anfallenden Arbeitsaufgaben beeinträchtigungsfrei ausführbar sind [1], einen angemessenen Schwierigkeitsgrad aufweisen (wenig algorithmierbar) und eine obere Häufigkeitsgrenze (10/h) nicht überschreiten.
2. Durch eine zielgerichtete *Arbeitsorganisation* ist zu sichern, daß ein geeigneter Anforderungswechsel (vertikale und horizontale Arbeitsteilung) sowie eine angemessene (80 ± ± 10%) zeitliche Auslastung (Aufgabenbereichserweiterung) gewährleistet ist und daß die geplanten Trainingsaufgaben planmäßig in den Arbeitsprozeß eingegliedert sowie jederzeit bei Bedarf unterbrochen werden können. Eine effektive Lerngestaltung erfordert sowohl angemessene Tätigkeitsinhalte als auch die Möglichkeit zu aktivem Handeln.

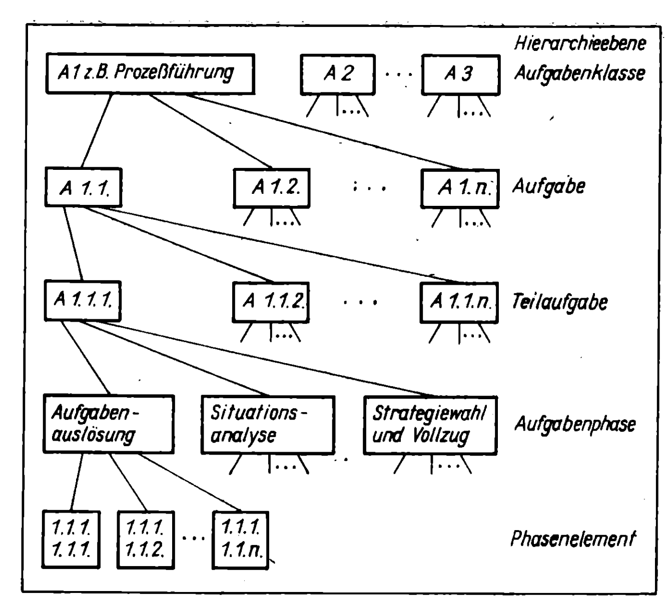


Bild 5. Beispiel der Entwicklung komplexer Anforderungseinheiten aus aufgaben- bzw. aufgabenphasenbezogenen Moduln

3. Bei der Strukturierung und Ausstattung der *Arbeitsplätze* im Wartenraum ist das Zusammenfassen bzw. die partielle Nutzung von geeigneten Arbeitsstellen zu Funktionsbereichen des Wartentrainings zu berücksichtigen.
4. Bei der Gestaltung der *arbeitsmittelspezifischen Bedingungen* ist zu beachten, daß die hard- und softwaremäßigen Voraussetzungen zur Trainingsdurchführung einschließlich der Anforderungssimulation und zur Weiterbildung im direkten Arbeitsprozeß (Befähigung zur Selbstanalyse und -tätigkeitsgestaltung) geschaffen werden, wie:
   - Ausreichende Freiheitsgrade für die Handlungsvorbereitung und -ausführung (vorwiegend benutzergesteuerter Dialog)
   - Bewertende und ggf. erläuternde Rückmeldung der Handlungsresultate in einer angemessenen Zeit ($\leq$ 4 s) sowie ergebnis- und strategiebezogen (Kriterien müssen dem Wartenfahrer bewußt und zugänglich sein sowie Hinweise zur Strategiekorrektur enthalten)
   - Kenntniserweiternde und -aktivierende Informationsdarstellung (adaptierbarer Vorverarbeitungsgrad, Ordnung nach der Logik der Tätigkeit, Sprache als Aktivierungselement, Mehrfachkodierung zur Hervorhebung von Signalinhalten)
   - Diagnose- und prognoseunterstützende Informationsdarstellung, indem der Aufbau mentaler Abbilder gefördert wird (aufgabenbezogene statt technologieorientierte Darstellung, rechentechnische Verdichtung von Meßgrößen zu Prozeßinformationen u. a.).

Tafel 1. Charakteristische Unterscheidungskomponenten und -merkmale der den Tätigkeitsphasen zugeordneten Anforderungsmodule

Tätigkeitsphase	Anforderungsmodule	Modulkomponenten	Komponentenmerkmale
Handlungsveranlassung und -sicherung	– direktes Erkennen einer Handlungsnotwendigkeit bzw. -aufrechterhaltung – indirektes Erkennen einer Handlungsnotwendigkeit	– Informationsträgerbeschaffenheit und -anordnung – Informationsverknüpfung – Dialogform	Erscheinungsform, Wertevorrat, Zeitverlauf, Merkmaldimensionen, räumliche Organisation, zeitliche Organisation, Kodierform, funktionelle Beziehungen, Initiierform
Situationserfassung	– Ableiten von Ursachen der Handlungsauslösung – Erkennen von Handlungsmöglichkeiten – Abschätzen von Handlungswirkungen	– Informationspräsenz und -identifizierbarkeit – Informationsinterpretierbarkeit (diagnosebezogen) – orientierungsbezogene Prozeß- und Anlageneigenschaften	permanente Darstellung, aufrufbar, ableitbar, Zuordenbarkeit Assoziationen, heuristische Verarbeitung, Algorithmen, Vorverarbeitungsgrad Kopplung, Vermaschung, Dynamik, Störungsart und -vorhersagbarkeit
Strategiewahl bzw. -modifikation und Handlungsausführung	– Entwurf bzw. Korrektur der Handlungsprogramme – Entscheid für das Ausführungsprogramm – Handlungsausführung	– handlungsbezogene Informationsinterpretierbarkeit – Eingriffsaufwand – eingriffsrelevante Prozeß- und Anlageneigenschaften	Signalvorrat, heuristische bzw. algorithmische Zuordenbarkeit Effektivitätskenngrößen Kopplung, Vermaschung, Dynamik, Parameteranzahl, Signalgeschwindigkeit, Zeitschranken, Prädiktionsmöglichkeit, Dialogform

Tafel 2. Für die Bewältigung der einzelnen Tätigkeitsphasen notwendige Voraussetzungskomponenten

Tätigkeitsphase	Voraussetzungskomponente		
	Kenntnisse	Fähigkeiten	Fertigkeiten
Handlungsveranlassung und -sicherung	– handlungsauslösende bzw. aufrechterhaltende Signale – Auftrittswahrscheinlichkeit, statistische Abfolgebeziehungen und Erscheinungsformen dieser Signale	– anforderungsspezifische psychophysische Adaption – handlungsauslösende Interpretation von entsprechenden Signalkonstellationen	– stabile Handlungselemente zur Quittierung
Situationserfassung	– aufgabenpräzisierende, diagnoseunterstützende und handlungskontrollierende Signale sowie Vorsignale – Diagnose und prognosespezifische Such- und Handlungsstrategien – Transformationsbeziehungen zwischen Zeichenmerkmalen und Informationsinhalt – funktionelle Beziehungen zwischen erfaßten Daten, zwischen Zeichenmerkmalen und Abweichungsursachen, zwischen Ursachen und Maßnahmen – orientierungsbezogene Eigenschaften und Zustände der technischen Anlage, des technologischen Prozesses und der Produkte	– Identifikation orientierungsrelevanter Information – Interpretation ursachenanzeigender oder handlungsbewertender Zeichenkonstellationen – Antizipation von Zuständen und Handlungswirkungen – Konkretisieren und Koordinieren gespeicherter abstrakter orientierungsbezogener Handlungsprogramme unter Berücksichtigung der konkreten Bedingungen	– stabile Handlungselemente zur Informationsanwahl – abstrakte orientierungsspezifische Handlungsfolgen
Strategiewahl bzw. -modifikation und Handlungsausführung	– strategievorbereitende und handlungsführende Signale und Vorsignale – Aufruf- und Ausführungsteilprogramme – Beziehungen zwischen antizipierten Teilergebnissen, -handlungen und Handlungswirkungen – Freiheitsgrade bezüglich Teilzielbildung, Verfahrens- und Mittelwahl, zeitlicher Ablauf – handlungsbezogene Prozeß- und Anlageneigenschaften – Wirkungsweise der Kommunikationsmittel – aufgabenspezifische Ziele und Teilzielfrequenzen	– Identifikation und Interpretation handlungsrelevanter Informationen – Erfassen und Berücksichtigung von Beziehungen zwischen einzelnen Orientierungsergebnissen – anforderungsspezifisches Konkretisieren und Koordinieren gespeicherter abstrakter Aktionsprogramme – Aufstellen und Überprüfen von handlungsbezogenen Hypothesen unter Berücksichtigung der konkreten Bedingungen	– stabile spezifische und abstrakte Handlungsprogrammodule als Elemente der zu konzipierenden komplexen Handlungsstruktur

Der sich aus den geschilderten Zusammenhängen ergebende iterative Ablauf der Wartengestaltung, hier trainingsspezifisch betrachtet (Bild 6), sollte sowohl bei Neuinvestitionen als auch bei Rationalisierungsmaßnahmen bewußt in den Prozeß der Investitionsvorbereitung und -durchführung eingeordnet werden.

4. Auswahl der Mittel und Methoden für die Vermittlung, Aneignung und Kontrolle der Weiterbildungsinhalte

Die ziel- und inhaltsspezifische Festlegung des für das Wartenfahrertraining geeigneten Lern- und Übungsablaufes sowie die Bewertung der Übungsergebnisse erfordert u. a. die Beachtung folgender Grundsätze:

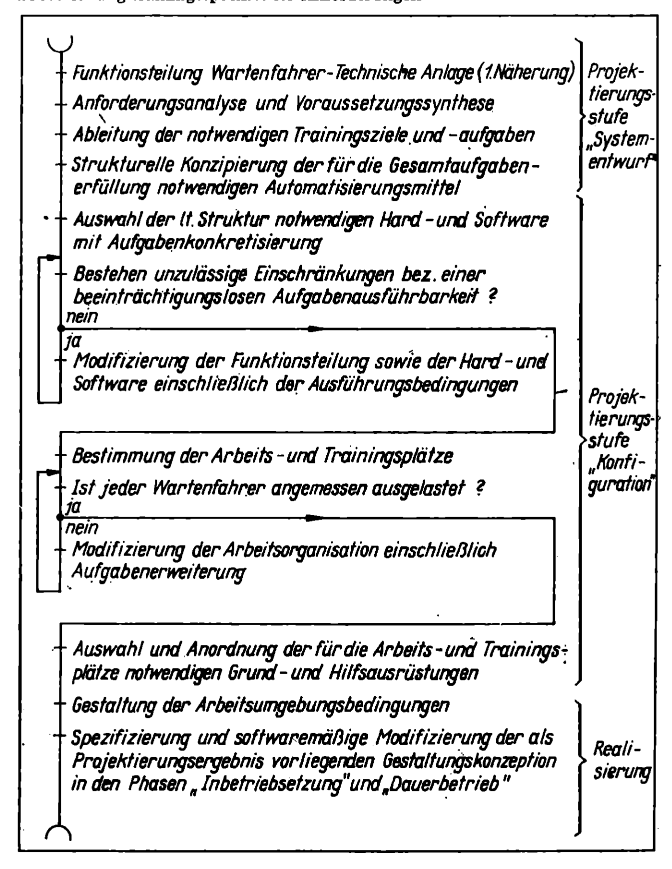
1. *Gestaltung von Lehrtexten und Trainingsbausteinen*
– Sicherung einer schnellen und sicheren Identifizier- und Interpretierbarkeit des Informationsangebotes (Übersichtlichkeit, Eindeutigkeit, Mehrfachkodierung)
– Verwendung von Wortmarken zur Kennzeichnung von Trainingsbausteinen, Verbalisierung von Handlungsabläufen (kurz und prägnant)
– Individuell anpaßbare tätigkeitsveranlassende, -unterstützende und -auswertende Bildschirmtexte

2. *Wahl der Lehr- und Lernmethoden als Kombination von*
– Individuellem vorstellungsmäßigem (mentalem) Operieren entsprechend der jeweiligen analysierten Tätigkeitsstruktur eines Bausteins
– Individuellem aktivem Training, der entsprechenden Einheit
– Kollektivem Wissensaustausch und Korrektur

3. *Festlegung des Lern- und Übungsablaufes*
– Systematische Steigerung der Bausteinkompliziertheit und -komplexität (Merkmale: Vermaschungsgrad, Kopplungsgrad und Anzahl der verkoppelten Parameter, statische funktionelle Beziehungen, Zeitkonstanten)
– Planmäßiger Wechsel von Schulungs- und darauf aufbauenden Übungsphasen (Einweisung – Training – Auswertung ...)
– Begrenzung nach der Übungsanzahl und nicht nach der Übungszeit (abhängig von der Aufgabenschwierigkeit und dem Übungsstand)

4. *Bewertung der Lern- und Übungsergebnisse*
– Kontrolle vor (Prätest) und nach (Posttest) den Ausbildungsphasen sowie in der späteren Tätigkeit (externe Validität)

Bild 6. Grobalgorithmus für die Wartengestaltung im Projektierungsprozeß unter Einbeziehung trainingsspezifischer Anforderungen



- Unterteilung der Bewertungsaussagen nach Beherrschungsgrad, Anwendungsgrad, Verallgemeinerungsfähigkeit und Transferierbarkeit auf konkrete Anforderungssituationen
- Verwendung von objektiven Bewertungskriterien unter Einbeziehung von Indikatoren aus dem Tätigkeitsverlauf (Strategie, Prozeßparameter), dem Erlebens- (Befinden) und dem psychophysiologischen Bereich (Aktivierungsadaption, Motivationsentwicklung).

Zusammenfassung

Neben der Gestaltung der Aufgaben und Bedingungen in Prozeßwarten hat die anforderungsspezifische Entwicklung der subjektiven Arbeitsvoraussetzungen des Anlagen- bzw. Wartenfahrers wesentlichen Einfluß auf sein Arbeitsergebnis im weitesten Sinne. Bei den neuen Prozeß- und Anlageneigenschaften kann man die notwendige Weiterbildung nicht mehr dem Selbstlauf überlassen, sondern sie muß zielgerichtet und planmäßig erfolgen. Besonders rationell ist die Integration turnusmäßiger Trainingseinheiten in den Arbeitsprozeß moderner Warten unter Ausnutzung freier oder dafür projektierter Rechnerkapazität und sog. Bereitschaftszeiten des Wartenfahrers. Diese Form des Wartenfahrertrainings verspricht dann besondere Effektivität sowohl bei der Erreichung der Trainingsziele als auch bezüglich des notwendigen Investitions- und Trainingsaufwands, wenn die Trainingseinheiten und der damit verbundene Simulationshintergrund anforderungsschwerpunktmäßig, regulationswirksam, abstrahiert und unter Beachtung einer hinreichenden Transferierbarkeit ausgewählt werden. Ausgangspunkt soll dafür ein Katalog wartenspezifisch generell anwendbarer Anforderungsbausteine sein, aus dem die aufgabenspezifisch relevanten Einheiten ausgewählt, in Trainingsbausteine transformiert und strukturell kombiniert werden können. Die anforderungsspezifische Weiterbildung setzt darüber hinaus eine bestimmte Qualität der Gestaltung von Wartenaufgaben und -bedingungen voraus, ist an geeignete Methoden gebunden und verlangt eine objektive Bewertung der Lern- und Übungsergebnisse.

Ein solches Training kann sowohl die Einarbeitung von Wartenfahrern beschleunigen, eine kontinuierliche Anpassung an veränderte Anforderungen ermöglichen als auch zum Erhalten und Weiterentwickeln ihrer Qualifikation trotz der geringen Erfordernisse zu aktivem Tätigsein im normalen Arbeitsprozeß beitragen. Es ist als Vorbereitungs- oder Unterstützungstraining auch dort einsetzbar, wo aufgrund folgenschwerer Konsequenzen von Fehlhandlungen (z. B. Kernkraftwerk) das Antihavarietraining auf die vollständige Sollvorgabe der Tätigkeit orientiert werden muß.

Literatur

[1] *Bergmann, J.*: Projektierung anforderungsgerechter Prozeßwarten für verfahrenstechnische Anlagen. msr, Berlin 26 (1983) 4, S. 182–185.
[2] *Töpfer, H.*: Einfluß des Wandlungsprozesses in der Automatisierungstechnik auf die Arbeitstätigkeit. Sozialistische Arbeitswissenschaft 28 (1984) 2, S. 91–97.
[3] *Matern, B.*: Zur Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Automatisierungseinrichtung. msr, Berlin 27 (1984) 12, S. 536–540.
[4] *Matern, B.; Brasch, Ch.*: Lernen in der automatisierten Produktion. Z. Psychologie für die Praxis (1985) S. 22–29.
[5] *Bergmann, J.; Matern, B.*: Konzeptionelle Überlegungen zur Lern- und Trainingsgestaltung in der automatisierten verfahrenstechnischen Industrie. IV. AWITA Dresden 1985 (unveröffentlicht).
[6] *Hacker, W. (Hrsg.)*: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1976.
[7] *Miller, G. A.; Galanter, E.; Pribram, K. H.*: Plants and the structure of behavior. New York: Holt, Rinehart and Winston 1960.
[8] *Dörner, D.*: Denken, Problemlösen und Intelligenz. Psychologische Rundschau, 35 (1985) 1, S. 10–20.
[9] *Matern, B.*: Psychologische Arbeitsanalyse. Spezielle Arbeits- und Ingenieurpsychologie. Band 3. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1983.
[10] *Wirstad, J.*: Planung und Gestaltung der Ausbildung von Prozeßwartenpersonal. Regelungstechnische Praxis 25 (1983) 1, S. 4–10.
[11] *Matern, B.*: Beitrag der Psychologie für die Gestaltung von Trainingsverfahren in der Industrie. Probleme und Ergebnisse der Psychologie (1982) 80, S. 51–68.

msr 8433

B. Senf; M. Pieloth; R. Schumann; A. Schwarz; S. Streubel

Sensor zur Abluftfeuchtemessung[1)]

0. Einleitung

Industrielle Trocknungsprozesse sind energieintensiv und werden aufgrund unzureichender Instrumentierung häufig energetisch unbefriedigend betrieben [8] und [13]. Dabei wird in vielen Fällen eine unnötige Menge Trocknerluft aufgeheizt und das Trocknungsgut übertrocknet. Durch verbesserte Prozeßführung sind beträchtliche Energieeinsparungen möglich, wenn geeignete Sensoren zur Messung der Abluftfeuchte zur Verfügung stehen [8]. Mit einem solchen Sensor befaßt sich der Beitrag.

1. Feuchtemessung in Trocknungsanlagen

Energieintensive Trocknungsprozesse sind in verschiedenen Industriezweigen und in der Landwirtschaft vorhanden. Die Ablufttemperaturen liegen dabei gewöhnlich über +100 °C, so daß viele Feuchtemeßverfahren für solche Prozesse nicht geeignet sind [3]. Die zu messenden Feuchtewerte betragen häufig 100 bis 140 g Wasser auf 1 kg trockener Luft, können aber auch darüber hinausgehen [5]. Dabei ist die Abluft in vielen Fällen durch Stäube, Feststoffpartikeln und Kondensatprodukte verschmutzt. Sie kann weitere Gase enthalten.

Aus den geeigneten Feuchtemeßverfahren, z. B. [3] [7] [9] und [10], wurde für diesen Beitrag das akustische Prinzip ausgewählt, das auf der Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der Beladung der Luft mit Wasserdampf beruht. Für die Schallgeschwindigkeit in einem Gas gilt

$$c = \sqrt{\varkappa R T}. \qquad (1)$$

$\varkappa = \frac{c_p}{c_v}$ Isentropenexponent des Gases; R Gaskonstante; T absolute Temperatur.

Bei einem Gasgemisch gilt

$$R = \frac{m_1 R_1 + m_2 R_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots}; \quad c_p = \frac{m_1 c_{p1} + m_2 c_{p2} + \dots}{m_1 + m_2 + \dots}.$$

Die $m_1, m_2 \dots$ sind die jeweiligen Massenanteile.

Dr.-Ing. *Bernhard Senf* (59) studierte nach abgeschlossener Ausbildung im Elektrohandwerk von 1949 bis 1954 an der TH Dresden Schwachstromtechnik. Bis 1957 Assistent am Institut für Allgemeine Elektrotechnik an der TH Dresden. Ab 1957 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsstelle für Regelungs- und Steuerungstechnik Dresden (später Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR, Institutsteil Dresden) mit verschiedenen Aufgabenbereichen. 1964 Promotion an der TU Dresden. Seit 1982 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf der AdW der DDR.

Dipl.-Ing. *Manfred Pieloth* (51) studierte nach Ausbildung als Feinmechaniker mit Abschluß als Handwerksmeister von 1962 bis 1971 im Fern- und Abendstudium an der TU Dresden elektromechanischen Feingerätebau. Ab 1959 Mitarbeiter der Arbeitsstelle für Regelungs- und Steuerungstechnik Dresden (später Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR, Institutsteil Dresden). Dort ab 1971 wissenschaftlicher Mitarbeiter. Seit 1982 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf der AdW der DDR.

Dr.-Ing. *Arnulf Schwarz* (48) studierte von 1955 bis 1961 an der TH Dresden Feinmechanik/Regelungstechnik. Ab 1961 wissenschaftlicher Mitarbeiter und ab 1971 Abteilungsleiter im Institut für Regelungs- und Steuerungstechnik Dresden (später Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR, Institutsteil Dresden). 1970 Promotion A an der TU Dresden. Seit 1982 Abteilungsleiter im Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf der AdW der DDR.

Dr.-Ing. *Reinhard Schumann* (36) studierte nach Abitur mit Berufsausbildung (Fräser) von 1967 bis 1971 an der TH Ilmenau Feingerätetechnik. Dort bis 1975 Forschungsstudent. Seit 1975 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR, Institutsteil Dresden. 1979 Promotion A. Seit 1982 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf der AdW der DDR.

Ing. *Siegfried Streubel* (41) ist gelernter Feinmachaniker und studierte bis 1973 im Abendstudium an der IS Dresden Feinwerktechnik/Datenverarbeitung. Seit 1967 Mitarbeiter im Institut für Regelungs- und Steuerungstechnik Dresden (später Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR, Institutsteil Dresden). Dort ab 1973 Labor- und Entwicklungsingenieur. Seit 1982 Entwicklungsingenieur im Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf der AdW der DDR.

1) Für die Möglichkeit der Vergleichsmessungen an der TH Karl-Marx-Stadt danken die Autoren Herrn Prof. Dr. sc. techn. *W. Aurich* und Herrn Dr.-Ing. *J. Plichta*.
Für die Unterstützung bei der Erprobung an industriellen Prozessen danken die Autoren den Herren Dr.-Ing. *J. Labude*, Dr.-Ing. *V. Porezag* und Dipl.-Ing. *H. Seliger*.

Die technische Nutzung dieses Prinzips wurde schon früher vorgeschlagen [2] und [6]. Gemessen wird häufig die Frequenz eines Oszillators, dessen Resonator in seinen Abmessungen festliegt und der mit dem Meßgas gefüllt ist. Bei Temperatur- und Feuchteänderungen eines Luft-Wasserdampf-Gemisches ergeben sich folgende Werte:

Änderung der Einflußgröße	Änderung der normierten Frequenz des Oszillators
35 °C $< \vartheta <$ 190 °C	$\rightarrow 1 < f/f_0 < 1{,}23$
$0{,}05 < X < 0{,}37$	$\rightarrow 1 < f/f_0 < 1{,}067$

Das Massenverhältnis X gibt den Anteil von Wasserdampf in kg an der Masse trockener Luft in kg an.
Das bedeutet:

- Bei akustischen Abluftfeuchtesensoren liegt der unerwünschte Temperatureinfluß in der gleichen Größenordnung wie der Einfluß der zu messenden Feuchteänderung.
- Der Meßbereich von z.B. $0 < X < 0{,}4$ entspricht einer Änderung des Frequenzverhältnisses von nur etwa 7%.
- Wenn ein akustischer Feuchtesensor einen Meßfehler in der Größenordnung weniger Prozente aufweisen soll, darf der Einfluß der Temperatur auf die normierte Frequenz f/f_0 nur in der Größenordnung von 10^{-3} liegen.

Der unerwünschte Temperatureinfluß kann folgendermaßen beseitigt werden:

- Messung der Temperatur und Korrektur des Meßsignals über Rechenelemente [9]
- Anordnung von zwei Oszillatoren, von denen der eine mit dem Meßgas, der andere mit einem Vergleichsgas betrieben wird [2] [14] und [15].

2. Der Sensor und seine Eigenschaften

Der Sensor, über den hier berichtet werden soll (Bild 1), nutzt die zweite Möglichkeit. Dabei werden zwei Oszillatoren verwendet, die aus schneidenförmigen Schwingungserregern 1 und rohrförmigen Resonatoren 2 bestehen. Sie werden mit Meß- bzw. Vergleichsgas gespeist, 3 und 4, und sind zwecks guten Wärmeaustausches in einem kompakten Körper eingebettet, so daß die Temperaturen der beiden Gase gleich sind. Außerdem wird dafür gesorgt, daß beide Oszillatoren mit gleichem Druck betrieben werden. Mit einem geeigneten Zähler wird der Quotient der Frequenzen f_1 und f_2 gebildet und ein diesem Quotienten proportionales Signal als Meßgröße erzeugt.
Außerdem werden durch ein Filter Verschmutzungsanteile in solchem Umfange zurückgehalten, daß der Sensor ohne Wartungsarbeiten mehrere Monate zuverlässig arbeitet.
Unter Beachtung der Temperaturgänge der kinematischen Zähigkeiten von Luft und Luft-Wasserdampf-Gemischen wurden für alle in Betracht kommenden Partialdrücke die Resonatoren nach [11] so dimensioniert, daß die Schallgeschwindigkeiten in den Resonatoren der im freien Schallfeld gleichen.
Die Druckschwingungen in den Resonatoren werden mittels pneumatisch/elektrischer Wandler 6 im Bild 1 in elektrische Wechselspannungen mit den Frequenzen f_1 und f_2 umgesetzt. Ein mit Druckluft 7 betriebener Ejektor 8 bewirkt die Strömung der Gase durch die Oszillatoren. Die Druckluft wird im vorliegenden Falle auch als Vergleichsgas verwendet, da bereits bei normaler Aufbereitung der Wassergehalt genügend klein ist. Der Ejektor-Speisedruck wird mit einem handelsüblichen Druckversorger eingestellt.
Ein Funktionsmuster des Sensors zeigt Bild 2. Die mit mehreren Exemplaren des Sensors durchgeführten langfristigen Erprobungen in Trocknungsanlagen bestätigen seine industrielle Einsatzfähigkeit. Dabei erreichten die Filter Standzeiten von über 5000 Betriebsstunden.
Die Arbeitskennlinie des Sensors wird durch (2) beschrieben:

$$f_1/f_2 = A \sqrt{\frac{X\dfrac{c_{pw}}{c_{pl}} + 1}{X\dfrac{c_{vw}}{c_{vl}} + 1} \cdot \frac{\dfrac{M_l}{M_w}X + 1}{X + 1}} \qquad (2)$$

A konstruktiver Faktor, $A \approx 1$; X Feuchtegehalt der Luft, z.B. in kg/kg; M_l Molekülmasse der Luft; M_w Molekülmasse des Wassers
Die Indizes der spezifischen Wärmekapazitäten c_p, c_v bedeuten: w Wasserdampf; l trockene Luft.

Die spezifischen Wärmekapazitäten wurden aus Tafeln entnommen [1] und [12]. Die darin nicht ausgewiesenen Werte für hier wichtige Partialdruckbereiche wurden durch grafische Interpolation gewonnen (Bild 3).

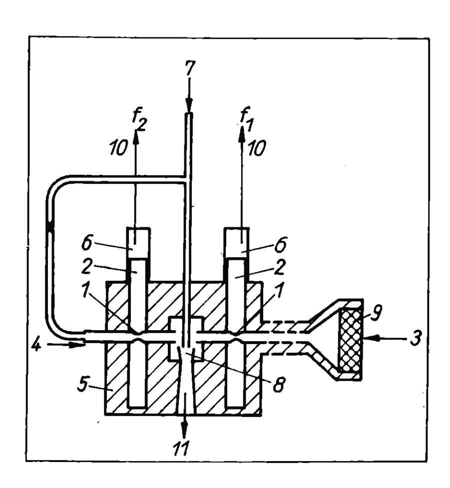


Bild 1. Prinzipdarstellung der wesentlichen Teile des Abluftfeuchtesensors
1 Schneidentonerreger; 2 Rohrförmiger Resonator; 3 Meßgaszufuhr; 4 Vergleichsgaszufuhr; 5 Kompakter Körper; 6 Pneumatisch-elektrischer Wandler; 7 Druckluftzufuhr; 8 Ejektor; 9 Filter; 10 Elektrische Ausgangssignale mit den Frequenzen f_1 und f_2; 11 Ejektor-Abluft

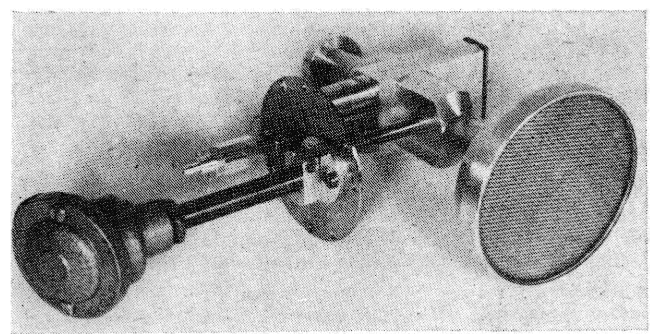


Bild 2. Ansicht eines Funktionsmusters des Sensors

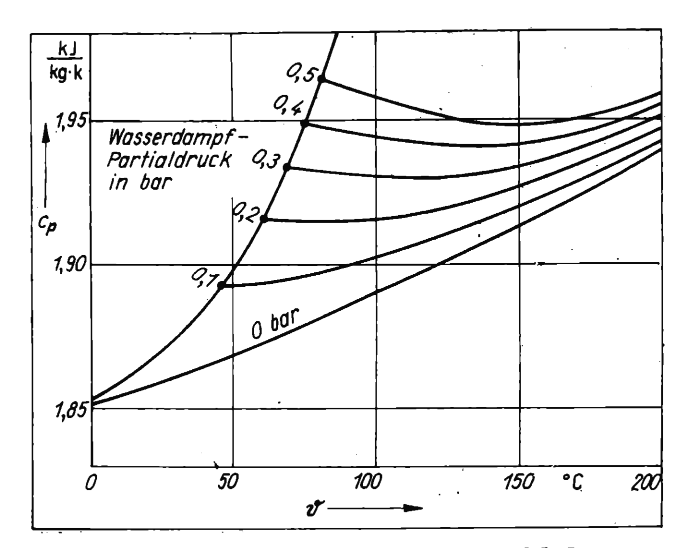


Bild 3. Spezifische Wärmekapazität c_p von Wasserdampf nach [12]
Zwischenwerte durch Interpolation ergänzt

Die Arbeitskennlinien für die Temperaturen +80 °C und +180 °C zeigt Bild 4. Sie wurde experimentell mit Hilfe der „Gemisch-Aufbereitungsanlage zur Eichung von Gasfeuchte-Meßgeräten" an der TH Karl-Marx-Stadt [10] bestätigt.
Bild 5 zeigt für einen Sensor aus einer Serie von Mustergeräten den Temperaturgang $f_1/f_2(\vartheta)$ für den Testfall, daß die Vergleichsluft auch als Meßgas verwendet wird. Daraus ist ersichtlich, daß der schädliche Temperatureinfluß weitgehend beseitigt ist. Der relative Fehler der Feuchtemessung mit dem beschriebenen Sensor ist kleiner als 5%.
Bei Anwesenheit von Drittgasen muß durch entsprechende Erweiterung von (2) eine gesonderte Betrachtung zur Querempfindlichkeit durchgeführt werden, weil das Frequenzverhältnis f_1/f_2 von der Konzentration und der Molekülmasse des Drittgases abhängt. Bei Verwendung von Luft als Vergleichsgas ($M_l = 28{,}96$) verschiebt ein störendes Drittgas das Meßergebnis nach höheren Meßwerten, wenn $M < M_l$ ist. Entsprechend wird bei $M > M_l$ der Meßwert herabgesetzt. Aufgrund geringer Konzentration des Drittgases ist dieser Fall häufig ohne Bedeutung. Bild 6 zeigt,

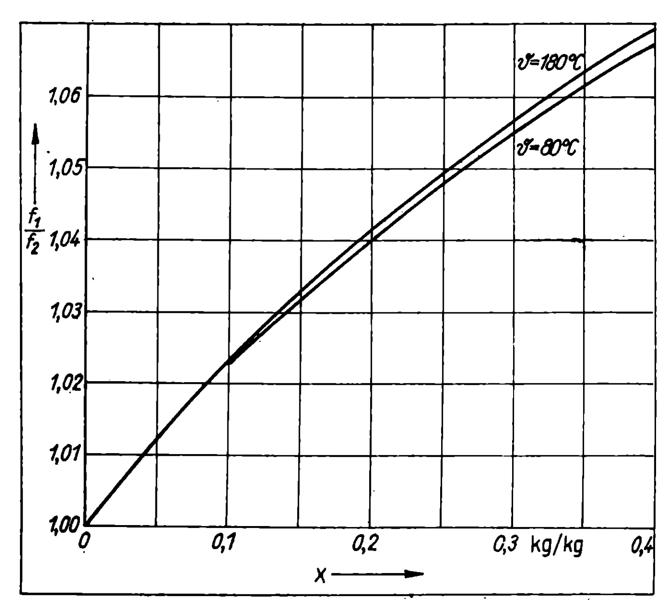


Bild 4. Arbeitskennlinie des Sensors nach (2) und Bild 3

wie der Sensor im Verhältnis zu anderen bekannten Feuchtemeßverfahren eingeordnet werden kann.
Zur Auswertung der Sensorausgangssignale stehen Geräte zur Verfügung, die ein elektrisches Einheitssignal liefern.

Zusammenfassung

Die Messung der Abluftfeuchte bei industriellen Trocknungsprozessen hat wegen der möglichen Energieeinsparung volkswirtschaftliche Bedeutung. Dabei liegen die Arbeitstemperaturen in der Regel über +100 °C und die Feuchte beträgt häufig 50 bis 200 g Wasser auf 1 kg trockener Luft. Die Abluft ist in vielen Fällen stark verschmutzt. Deshalb wurde ein Sensor entwickelt, bei dem die Änderung der Schallgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Abluftfeuchte ausgenutzt wird. Mitgeteilt werden Eigenschaften des Sensors, der sich in industriellen Trocknungsprozessen bewährt hat.

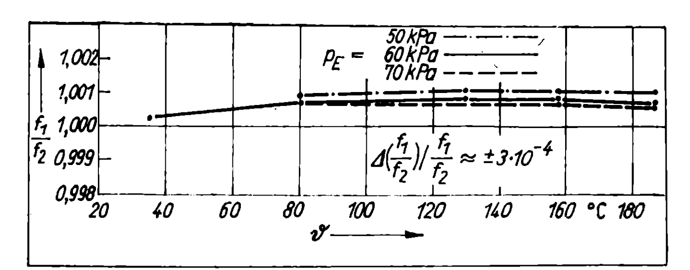


Bild 5. Temperaturgang $f_1/f_2(\vartheta)$ eines Sensors für den Fall, daß beide Oszillatoren mit dem gleichen Gas betrieben werden

p_E = Ejektorspeisedruck

Literatur

[1] *Baehr, H. D.; Schwier, K.*: Die thermodynamischen Eigenschaften der Luft. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1961.
[2] Verfahren und Vorrichtung zur quantitativen Gasanalyse auf akustischem Wege. Badische Anilin- und Soda-Fabrik. DRP 281157 — 42 l 4/14. 1913/14.
[3] *Berliner, M. A.*: Feuchtemessung. Berlin: VEB Verlag Technik 1980.
[4] *Fischer, H.*: Industrielle Feuchtemessung bei hohen Temperaturen. Tagung Sensor-85, Karlsruhe, 21.—23. Mai 1985.
[5] *Gläser, D.; Klemm, Th.*: Ökonomische Betrachtungen zur konstruktiven Auslegung und zum Betrieb von Spanntrockenmaschinen. Deutsche Textiltechnik 22 (1972) 2, S. 110—115.
[6] *Haber, F.; Leiser, R.*: Membranpfeife. DRP 275224 — 24 l 4/14. 1913/14.
[7] *Heber, K. V.; Kohler, H. M.*: Feuchtebestimmung in Gasen durch Messung der Dipolmomente. Tagung Sensoren: Technologie und Anwendung. Bad Nauheim, 19.—21. März 1984. Düsseldorf: VDI-Verlag 1984.
[8] *Heinze, D.*: Energieeinsparung und Qualitätssicherung durch Feuchtemessung. msr, Berlin 28 (1985) 7, S. 321—322.
[9] *Houben, H.; Pabst, M.*: Vorrichtung zum Bestimmen des Mischungsverhältnisses von binären Gasen. DE-OS 2433764 — G01N29/02. 1974/76.
[10] *Plichta, J.*: Prallstrahlströmung in der Gasfeuchtigkeitsmeßtechnik. Dissertation, TH Karl-Marx-Stadt 1984.
[11] *Schaedel, H. M.*: Fluidische Bauelemente und Netzwerke. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn 1979.
[12] *Schmidt, E.*: Zustandsgrößen von Wasser und Wasserdampf in SI-Einheiten. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1982.
[13] TGL 38264. Industrielle Wärmeanlagen: Energiewirtschaftliche Mindestausstattung mit MSR-Technik.
[14] *Zipser, L.; Schumann, R.*: Fluidic frequency-analogue measuring systems for extreme conditions. ACTA IMEKO. Budapest 1979, S. 407—414.
[15] *Zipser, L.; Schumann, R.; Dorfmüller, L.*: Error analysis of fluidic-electric frequency-analogue sensors. ACTA IMEKO. Budapest 1982, S. 259—268.

msr 8452

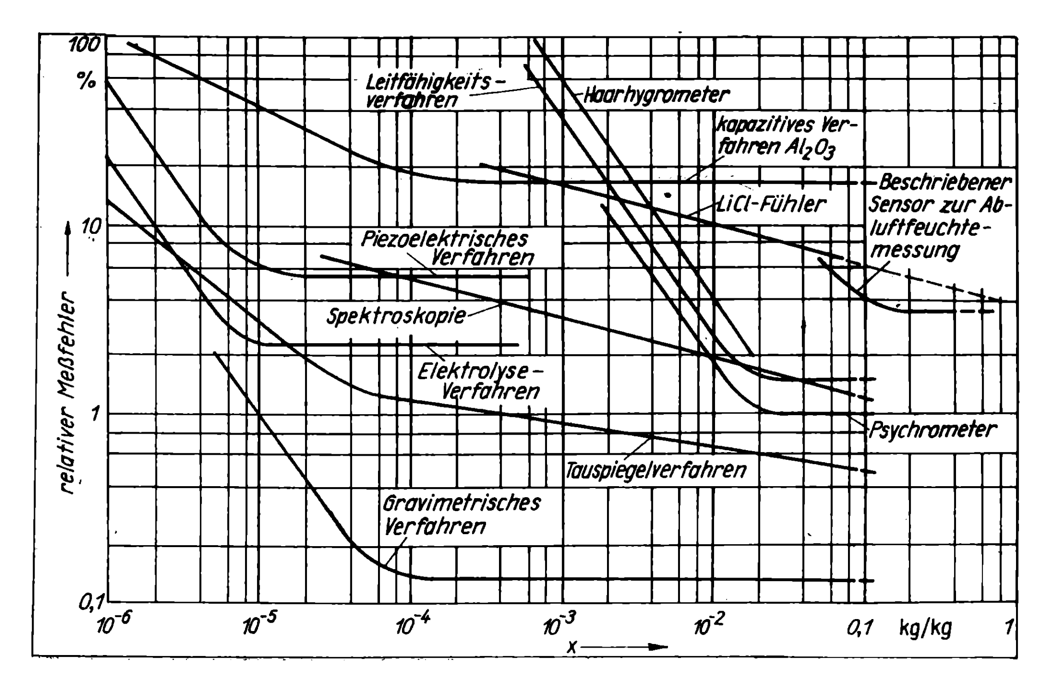


Bild 6. Einordnung des neuen Sensors in andere bekannte Meßverfahren

Das Diagramm wurde aus [7] entnommen.

K. Karovič; M. Keppert

Digitale Auswertung rechteckiger Meßsignale

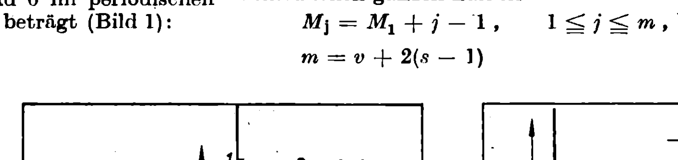
0. Einleitung

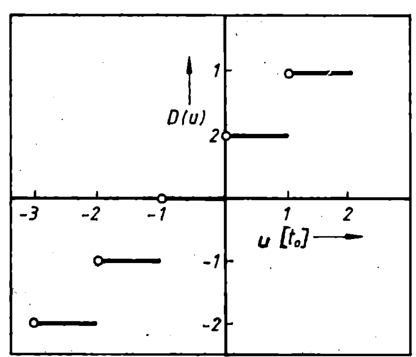
Bei der Auswertung eines rechteckigen periodischen Meßsignals ist es oft notwendig, die Differenz S der Zeitdauern des 1- und 0-Pegels zu bestimmen. Als Beispiel dafür kann die Auswertung des Meßsignals im photoelektrischen Meßmikroskop mit harmonischer Abtastung dienen [1].
Man kann die Zeitdifferenz analog durch Integration oder diskret durch Summierung messen. Das rechteckige Meßsignal wird im ersten Fall integriert, bei der diskreten Methode wird die Impulsanzahl eines konstanten Taktes gezählt, die in das Meßsignal hineinpaßt. Die Digitalisierung der Zeitachse bei der Summierungsmethode verursacht eine Meßwertstreuung, die bei der analogen Methode nicht auftritt. Das Ziel dieses Beitrages ist die Analyse der Meßwertstreuung bei der digitalen Bestimmung der Zeitdifferenz S.

1. Diskrete Methode

Die Zeitdifferenz S der Pegeldauern 1 und 0 im periodischen Rechtecksignal $f(t)$ mit der Zeitperiode T beträgt (Bild 1):

$$S = T + 2(t_1 - t_2)\,.$$





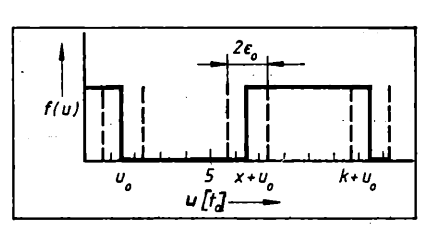


Bild 3. Sprungstellen im reellen Meßsystem

Bild 2. Treppenfunktion $D(u)$

Bild 1. Rechteckiges Signal $f(t)$ und seine digitale Auswertung für $u = t/t_0$

Die Digitalisierung der Zeitachse erfolgt durch Zeitimpulse $h(t) = \sum_{i=0}^{\infty} \delta(t - i \cdot t_0)$ mit dem Inkrement t_0. Der ganzzahlige Ausgangswert N am Vor-Rückwärtszähler in der Zeit $k + u_1$ ist

$$N = D(u_1) + D(k + u_1) - 2D(u_2)\,, \tag{1}$$

wobei

$$k = T/t_0\,, \qquad u_i = t_i/t_0 \quad \text{sind} \quad (i = 1, 2)\,. \tag{2}$$

Die Funktion $D(u)$ einer Variablen u ergibt eine Treppenlinie gemäß Bild 2

$$D(u) = \begin{cases} 1 + \mathrm{INT}(u) & \text{für} \quad \mathrm{FRAC}(u) \geqq 0 \\ \mathrm{INT}(u) & \text{für} \quad \mathrm{FRAC}(u) < 0\,. \end{cases} \tag{3}$$

INT(u) ist das Symbol für den ganzzahligen Anteil von u, FRAC(u) für den gebrochenen Anteil von u.

2. Allgemeiner Fall

Die Sprungstellen der Funktion $f(u)$ entstehen in einem realen Meßsystem (als Folge der Fluktuationen) in den Meßpunkten $u_0 + \varepsilon_1$, $u_0 + x + \varepsilon_2$ und $u_0 + k + \varepsilon_3$. Die Zufallsvariablen ε_i ($i = 1, 2, 3$) sind Realisierungen im offenen Intervall $(-\varepsilon_0; \varepsilon_0)$ (Bild 3).
Die Differenz S im Bild 3 für $\varepsilon_0 \to 0$ ist eine Funktion der Variablen x mit dem Parameter k: $S(x; k) = k - 2x$. Der ganzzahlige Meßwert $N(x; k, u_0, \varepsilon_0)$ berechnet sich in einem realen Meßsystem nach (1):

$$N(x; k, u_0, \varepsilon_0) = D(u_0 + \varepsilon_1) + D(k + u_0 + \varepsilon_3) - 2D(x + u_0 + \varepsilon_2) \tag{4}$$

für die Zufallsvariablen $\varepsilon_i \in (-\varepsilon_0; \varepsilon_0)$.
Das Periodenverhältnis k nach (2) ist in den Meßsystemen meistens eine natürliche Zahl, weil die Perioden T und t_0 vom gemeinsamen Oszillator abgeleitet sind. Aus (4) erhält man:

$$N(x; k, u_0, \varepsilon_0) = k + M(x; u_0, \varepsilon_0) \tag{5}$$

für

$$M(x; u_0, \varepsilon_0) = D(u_0 + \varepsilon_1) + D(u_0 + \varepsilon_3) - 2D(x + u_0 + \varepsilon_2)\,. \tag{6}$$

Durch die Realisierung der Zufallsvariablen ε_i aus dem Intervall $(-\varepsilon_0; \varepsilon_0)$ entsteht statt einer Zahl N eine Menge $\boldsymbol{N}$ von ganzen Zahlen N_j mit der Wahrscheinlichkeit $P(N_j)$.
Man findet zuerst die Menge $\boldsymbol{M}$ der Zahlen M_j in (6) und ihre Wahrscheinlichkeiten $P(M_j)$ für x = const. und $\varepsilon_i \in (-\varepsilon_0; \varepsilon_0)$, $i = 1, 2, 3$. Diese Menge $\boldsymbol{M}$ besteht aus m voneinander unterschiedlichen ganzen Zahlen

$$\left.\begin{aligned} M_j &= M_1 + j - 1\,, \qquad 1 \leqq j \leqq m\,, \\ m &= v + 2(s - 1) \end{aligned}\right\} \tag{7}$$

für

$$M_1 = 2(a_1 - b_s); \qquad a_1 = D(u_0 - \varepsilon_0);$$
$$b_s = b_1 + s - 1; \qquad b_1 = D(x + u_0 - \varepsilon_0)\,.$$

s, v sind der Reihenfolge nach die Anzahlen von voneinander verschiedenen Werten $D(u_0 + x + \varepsilon_2)$ und $D(u_0 + \varepsilon_1) + D(u_0 + \varepsilon_3)$ für $\varepsilon_i \in (-\varepsilon_0; \varepsilon_0)$, $i = 1, 2, 3$. Im allgemeinen ist $v = 2r - 1$, wobei

$$r = \begin{cases} D(u_0 + \varepsilon_0) - D(u_0 - \varepsilon_0) + 1 & \text{für } \mathrm{FRAC}(u_0 + \varepsilon_0) \neq 0 \\ D(u_0 + \varepsilon_0) - D(u_0 - \varepsilon_0) & \text{für } \mathrm{FRAC}(u_0 + \varepsilon_0) = 0\,, \end{cases} \tag{8}$$

$$s = \begin{cases} D(x + u_0 + \varepsilon_0) - D(x + u_0 - \varepsilon_0) + 1 \\ \text{für } \mathrm{FRAC}(x + u_0 + \varepsilon_0) \neq 0 \\ D(x + u_0 + \varepsilon_0) - D(x + u_0 - \varepsilon_0) \\ \text{für } \mathrm{FRAC}(x + u_0 + \varepsilon_0) = 0\,. \end{cases} \tag{9}$$

Die Wahrscheinlichkeit $P(M_j)$ des Vorkommens der ganzen Zahl M_j am Zählerausgang beträgt unter der Annahme, daß die Realisierung der Zufallsvariablen ε_i aus dem Intervall der Breite $2\varepsilon_0$ eine Rechteckverteilung mit der Dichte $P_0 = 1/2\varepsilon_0$ hat:

$$P(M_j) = \sum_{q=q_1}^{q_2} P(b_{s-(q-1)}) \left\{ \sum_{k=k_1}^{k_2} P(a_k) \cdot P(a_{j-2(q-1)-(k-1)}) \right\}. \tag{10}$$

Dabei gilt:

$$q_1 = \max\left(1; \mathrm{INT}((j - v + 2)/2)\right).$$
$$q_2 = \min\left(r; \mathrm{INT}((j + 1)/2)\right).$$
$$k_1 = \max\left(1; j - (r - 1) - 2(q - 1)\right).$$
$$k_2 = \min\left(r; j - 2(q - 1)\right)$$

und

$$a_i = D(u_0 - \varepsilon_0) + i - 1; \qquad 1 \leqq i \leqq r\,, \tag{11}$$

$$b_j = D(x + u_0 - \varepsilon_0) + j - 1; \qquad 1 \leqq j \leqq s\,, \tag{12}$$

mit der Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der ganzen Zahlen a_i, b_j:

$$P(a_1) = \begin{cases} p_0(1 - \mathrm{FRAC}(u_0 - \varepsilon_0)) & \text{für } \mathrm{FRAC}(u_0 - \varepsilon_0) \geqq 0 \\ p_0(-\mathrm{FRAC}(u_0 - \varepsilon_0)) & \text{für } \mathrm{FRAC}\,(u_0 - \varepsilon_0) < 0 \end{cases}$$

RNDr. *Karol Karovič* (47) studierte von 1950 bis 1961 Physik an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Komensky Universität Bratislava. 1964 verteidigte er die Dissertation A. Seit 1961 ist er im Institut für Meßwesen und Meßtechnik an der Slowakischen Akademie der Wissenschaften tätig, ab 1976 als leitender wissenschaftlicher Mitarbeiter. Sein besonderes Interesse gilt den fotoelektrischen Meßmethoden in der Mikrometrologie. 1986 Promotion B.

RNDr. *Miroslav Keppert* (36) studierte von 1968 bis 1974 Physik an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Purkyne Universität in Brno. Seit 1974 ist er im Institut für Meßwesen und Meßtechnik an der Slowakischen Akademie der Wissenschaften tätig, ab 1985 als selbständiger wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter. Sein besonderes Interesse gilt der Entwicklung moderner optischer Meßgeräte.

Tafel 1. Ausgangswerte M_j, N_j und deren Wahrscheinlichkeiten $P(N_j)$

$x = 3{,}6t_0$		$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3 \in (-\varepsilon_0; \varepsilon_0)$			$\varepsilon_1 = 0; \varepsilon_2, \varepsilon_3 \in (-\varepsilon_0; \varepsilon_0)$				
$u_0[t_0]$		0,8			0			0	
$k = 20$		$\varepsilon_0[t_0]$			$\varepsilon_0[t_0]$			$\varepsilon_0[t_0]$	
M_j	N_j	0,0	0,5	1,2	0,0	0,5	1,2	0,5	1,2
−12	8			0,007			0,002		
−11	9			0,035			0,023		
−10	10			0,090		0,025	0,085		0,028
−9	11			0,145		0,050	0,149	0,050	0,139
−8	12	1,000	0,441	0,183		0,250	0,184	0,050	0,174
−7	13		0,378	0,191		0,450	0,191	0,450	0,201
−6	14		0,130	0,176	1,000	0,225	0,164	0,450	0,194
−5	15		0,042	0,115			0,119		0,139
−4	16		0,009	0,058			0,064		0,104
−3	17						0,017		0,021
−2	18						0,002		

Tafel 2. Werte N_j und $P(N_j)$

$k = 20$, $\varepsilon_0 = 0{,}5t_0$			
N_j	$P(N_j)$		
	$x[t_0]$		
	3,6	4,0	4,6
10	0,025	0,125	0,225
11	0,050	0,250	0,450
12	0,250	0,250	0,250
13	0,450	0,250	0,050
14	0,225	0,125	0,025
$\overline{N}$	12,8	12,0	11,2

Tafel 3. Meßwerte N_i (x; $k = 5117/5$; $u_0 = 0$; $\varepsilon_0 = 0$), FRAC(k) = 0,4

i	$x[t_0]$			
	500,0	500,2	500,4	500,6
1	23	23	23	23
2	23	23	23	21
3	24	22	22	22
4	23	23	23	23
5	24	24	22	22
6	23	23	23	23
7	23	23	23	21
8	24	22	22	22
9	23	23	23	23
10	24	24	22	22
11	23	23	23	23

$N_0 = \mathrm{INT}(1023{,}4) - 2\,\mathrm{INT}(x) = 23$

$$\left.\begin{aligned} P(a_i) &= p_0; \qquad 1 < i < r \\ P(a_r) &= 1 - P(a_1) - (r-2)\,p_0 \end{aligned}\right\} \tag{13}$$

$$P(b_1) = \begin{cases} p_0(1 - \mathrm{FRAC}(x + u_0 - \varepsilon_0)) \\ \text{für } \mathrm{FRAC}(x + u_0 - \varepsilon_0) \geqq 0 \\ p_0(-\mathrm{FRAC}(x + u_0 - \varepsilon_0)) \\ \text{für } \mathrm{FRAC}(x + u_0 - \varepsilon_0) < 0\,, \end{cases}$$

$$\left.\begin{aligned} P(b_i) &= p_0; \qquad 1 < j < s \\ P(b_s) &= 1 - P(b_1) - (s-2)\,p_0 \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

für $p_0 = 1/2\varepsilon_0$.

Es gilt für die Zahlen N_j aus der Menge $\boldsymbol{N}$ aus (5)

$$N_j = k - M_j \qquad (1 \leqq j \leqq m) \tag{15}$$

mit der Wahrscheinlichkeit

$$P(N_j) = P(M_j) \tag{16}$$

für M_j und $P(M_j)$ aus (7) und (10).

Bei der stationären Messung der Zeitdauerdifferenz S in einem reellen Meßsystem entstehen als Folge der Realisierung der Zufallsvariablen ε_i mit der Rechteckverteilung aus dem Intervall der Breite $2\varepsilon_0$ am Ausgang des Vor-Rückwärtszählers die ganzen Zahlen N_j aus der Menge $\boldsymbol{N}$ mit der Wahrscheinlichkeit $P(N_j)$.

In der Praxis ist der Fall wichtig, wenn die Zeitimpulse $h(u)$ durch die Abfallsflanke des rechteckigen Signals $f(u)$ ausgelöst werden, d. h. es gilt in (6): $\varepsilon_1 = 0$ und $u_0 = 0$. Mit (5) und (6) erhält man in diesem Fall:

$$N(x; k, u_0 = 0, \varepsilon_1 = 0, \varepsilon_0) = k + 1 + D(\varepsilon_3) - 2D(x + \varepsilon_2)\,.$$

Für $v = r$ in (7) gilt ($\varepsilon_i \in (-\varepsilon_0; \varepsilon_0)$, $i = 2, 3$):

$$N_j = k + 1 + a_{j-2(q-1)} - 2b_{s-(q-1)} \tag{17}$$

$$1 \leqq q \leqq s\,, \quad 1 \leqq j - 2(q-1) \leqq r\,, \quad q \leqq (i+1)/2$$

und

$$P(N_j) = \sum_{q=q_1}^{q_2} P(a_{j-2(q-1)}P(b_{s-(q-1)}))\,, \tag{18}$$

$$q_1 = \max\left(1, \mathrm{INT}((j - r + 2)/2)\right)\,,$$

$$q_2 = \min\left(r, \mathrm{INT}((j+1)/2)\right)\,.$$

Ein Beispiel der Werte M_j, N_j, $P(N_j)$ für $k = 20$ und $x = 3{,}6t_0$ ist in Tafel 1 dargestellt. Die Werte sind nach (7), (10), (15) und (16) für $u_0 = 0{,}8t_0$ und $u_0 = 0$ berechnet.

Für den Fall, daß die Abfallsflanke die Zeitimpulse auslöst, benutzt man (17) und (18).

N_j und $P(N_j)$ für $k = 20$; $\varepsilon_0 = 0{,}5t_0$ und drei x-Werte sind in Tafel 2 angegeben. Die Meßwerte N_j sind Realisierungen der Menge $\boldsymbol{N} = \{10, 11, 12, 13, 14\}$ für verschiedene x-Werte mit den verschiedenen Wahrscheinlichkeiten. Es drängt sich eine wichtige Frage auf: Welcher Wert x_j entspricht im bestimmten Unsicherheitsbereich dem Meßwert N_j? Dieses theoretische Problem soll Gegenstand weiterer Untersuchungen der nächsten Zukunft werden.

Für das störungsfreie Meßsystem ($\varepsilon_0 = 0$) aus (5) folgt $N = k + 2(D(u_0) - D(x + u_0))$, d. h., der Meßwert wird für verschiedene x-Werte eine gerade (ungerade) Zahl sein, wenn k aus (2) gleich einer geraden (ungeraden) Zahl ist.

Angenommen, die Perioden T und t_0 sind von einem Generator abgeleitet worden, d. h., das Verhältnis k ist eine natürliche Zahl. Wenn die Generatoren der periodischen Funktion $f(t)$ und der Zeitimpuls nicht miteinander gekoppelt sind, ist das Verhältnis $k = T/t_0 = a/b$ eine rationale, gebrochene Zahl. Das u_0 in (4) ändert sich in jeder Zeitperiode. Der Meßwert am Ende der i-ten Periode ($t = iT$), nach (4) beträgt

$$\begin{aligned} N_i(x; k, u_0, \varepsilon_0) &= D(u_i + \varepsilon_1) + D(u_i + k + \varepsilon_3) - \\ &- 2D(x + u_i + \varepsilon_2) \end{aligned} \tag{19}$$

für $u_i = (i - 1)\,k + u_0$.

Der Meßwert in einem störungsfreien Meßsystem ($\varepsilon_0 = 0$) aus (19) ergibt sich zu

$$\begin{aligned} N_i(x; k, u_0, \varepsilon_0 = 0) &= \mathrm{INT}(k) - \\ &- 2\,\mathrm{INT}(x) + D(u_i) + D(u_i + \mathrm{FRAC}(k)) - \\ &- 2D(u_i + \mathrm{FRAC}(x))\,. \end{aligned}$$

Die Menge $\boldsymbol{M}$ der Meßwerte für $k = (a/b) > 1$ hat höchstens 3 Elemente:

für

$$\begin{aligned} \mathrm{FRAC}(k) > \mathrm{FRAC}(x)&: N_0 - 1, N_0, N_0 + 1\,, \\ \mathrm{FRAC}(k) = \mathrm{FRAC}(x)&: N_0 - 1, N_0\,. \\ \mathrm{FRAC}(k) < \mathrm{FRAC}(x)&: N_0 - 2, N_0 - 1, N_0\,, \\ \mathrm{FRAC}(x) = 0&: \quad N_0, N_0 + 1\,, \end{aligned}$$

wobei $N_0 = \mathrm{INT}(k) - 2\,\mathrm{INT}(x)$.

Die Folge der Meßwerte N_i am Ende der i-ten Periode iT ($i = 1, 2, \ldots$) ist periodisch mit der Periode b. Die Meßwerte N_i für $k = \frac{5117}{5}$, $u_0 = 0$, $x_1 = 500t_0$, $x_2 = 500{,}2t_0$; $x_3 = 500{,}4t_0$ und $x_4 = 500{,}6t_0$ für 11 nacheinander folgende Perioden T sind in Tafel 3 angegeben.

Zusammenfassung

Durch die Analyse der Meßwertstreuung bei der digitalen Auswertung der zeitlichen Differenz der Pegel 1 und 0 in einem rechteckigen periodischen Signal erhält man folgende Ergebnisse:

– Wenn das Verhältnis k der Signalperiode T und dem zeitlichen digitalen Inkrement t_0 eine ganze Zahl ist, dann verursachen die Fluktuationen der Flanken im Rechtecksignal die Meßwertstreuung. Die Fluktuation ist durch die Realisierung der Zufallsvariablen aus dem Intervall $(-\varepsilon_0; \varepsilon_0)$ mit der Rechteckverteilung charakterisiert. Die Meßwerte und ihre Wahrscheinlichkeiten berechnet man nach (7) und (10). Weiterhin muß der Unsicherheitsbereich für die Zeitdifferenz bestimmt werden, wenn am Ausgang des Vor-Rückwärtszählers eine ganze Zahl erscheint.

(Fortsetzung auf S. 457)

H. Gatzmanga

Stabilisierung des Übertragungsverhaltens von Betriebsanalysatoren

0. Einleitung

Die in konventionellen Analysatoren genutzten Meßprinzipien und Meßverfahren weisen in ihrem Übertragungsverhalten Abhängigkeiten von inneren und äußeren Einflußgrößen auf, die Drifterscheinungen und Zusatzfehler verursachen. Zur Verbesserung des Übertragungsverhaltens werden deshalb

- aufgabenangepaßte Meßverfahren
- Einflußgrößenaufschaltungen dominierender Störungen
- Aufbereitungseinrichtungen mit Totzonenverhalten für stoffliche Störungen

eingesetzt.

Diese Maßnahmen führen jedoch nur zu begrenzten Erfolgen. Eine bisher in Einzelfällen angewandte Methode ist die Selbstüberwachung, die Rückschlüsse auf das aktuelle Übertragungsverhalten von Analysatoren und seine Korrektur ermöglicht. Ziel des Beitrages ist es, ausgewählte Methoden dieser Technik aufzuzeigen.

1. Selbstüberwachung in Analysatoren

Eine Klassifizierung der in Analysatoren angewandten Meßprinzipien nach ihrem statischen Übertragungsverhalten zeigt, daß vorrangig die Funktionstypen

$$\left.\begin{aligned} x_a &= K_m \cdot c \\ x_a &= K_m \cdot c \pm n \\ x_a &= K_m \cdot c^s \pm n \\ x_a &= k_1 \cdot e^{-c \cdot k_2} \\ x_a &= K_m \cdot \ln c \pm n \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

c Konzentration; x_a natürliches Abbildungssignal der Konzentration c; K_m bzw. k_1, k_2 statische Übertragungsfaktoren; n Vorlast

vorkommen.

Durch die angewandten Meßmethoden (Bild 1) werden Übertragungsverhalten erzielt; die sich vorrangig in ihrer Nullpunktstabilität und der Anwendung von Rückführungen unterscheiden. Trotz der aufgabenangepaßten Gestaltung des Meßverfahrens in Betriebsanalysatoren gelingt es nicht, ausreichend kleine Übertragungsfaktoren der Einflußgrößen-Ausgangssignal-Abhängigkeit zu erzielen. Erst zusätzliche offene und geschlossene Steuerungen in einer der Konzentrations-Abbildungssignalumwandlung übergeordneten Verarbeitungsebene verringern die Wirkungen der Einflußgrößen um Faktoren zwischen 3 und 30. Abschirmungen stofflicher Einflußgrößen führen jedoch zu Selektivitätsverbesserungen bis etwa 10^5.

Auch diese Maßnahmen reichen nicht aus, um das Übertragungsverhalten von Analysatoren zeitinvariant zu gestalten. Es muß davon ausgegangen werden, daß die Analysatorparameter der Konzentrations-Abbildungssignalwandlung in nicht vorhersagbarer Weise schwanken. Die hier betrachteten Schwankungen haben Grenzfrequenzen kleiner als 10^{-4} Hz.

Um die zeitliche Konstanz des Übertragungsverhaltens zu verbessern, müssen die wichtigsten Systemparameter identifiziert werden, wobei die Funktionstüchtigkeit des Analysators vorausgesetzt wird. Die zu diesem Zweck durchgeführte Selbstüberwachung hat die Aufgabe,

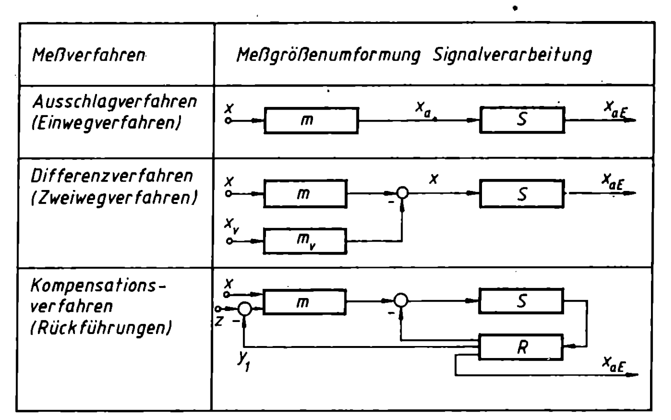


Bild 1. Struktur der Meßverfahren

x Meßgröße; x_a natürliches Abbildungssignal; x_{aE} Ausgangssignal (meist Einheitssignal); z Einflußgröße; y_1 Stellgröße; S Signalverarbeitung; m Meßgrößenumformung; R Regeleinrichtung; $..._v$ Vergleichsgröße
Achtung: Eingangsgröße von S beim Differenzverfahren x_a!

- wichtige Baugruppenparameter vorrangig binär als Statussignale zu bestimmen, um Rückschlüsse auf die Funktionsfähigkeit der Baugruppen zu ziehen
- durch die Verknüpfung von Statussignalen Plausibilitätsaussagen über den aktuellen Meßwert zu geben
- das aktuelle Übertragungsverhalten der Analysatoren zu bestimmen, um Steuergrößen zur Selbstkorrektur der Analysatorkennfunktion zu gewinnen.

Aus dieser Aufgabenstellung ist ersichtlich, daß es sich um eine der Meßinformationsgewinnung übergeordnete Aufgabe handelt (Bild 2).

Die Meßinformationsgewinnung zur Selbstüberwachung erfolgt in der zweiten Ebene, wobei je nach Art der Signalisierung die Zielsetzung erreicht werden sollte, eine Steuergröße zur Selbstkorrektur des Übertragungsverhaltens aus ihr zu gewinnen.

Konventionelle Statussignale signalisieren

- die Betriebszustände (Betriebsstatussignale)
- die Grenzwertüberschreitungen (Fehlerstatussignale)
- die Plausibilität von Meßergebnissen.

Eine Übersicht typischer Statussignalisierungen zeigt Bild 3. In kontinuierlich arbeitenden Analysatoren werden fast alle Eingangssignale des Meßgrößenumformers gemessen, auf Grenzwertüberschreitung untersucht und zur Baugruppenfehleranalyse sowie zur Grobbewertung der Meßwerte des Analysators benutzt. Die angewandten Meßprinzipien der Fehlerstatussignalisierung erlauben vorrangig eine direkte Wandlung in elektrische Abbildungssignale. Diskontinuierliche Analysatoren mit Ablaufsteuerungen haben in zunehmendem Maße neben Fehlerstatussignalen Betriebsstatussignale. Sie sind verfahrensspezifisch, so daß sich allgemeine Strukturen kaum darstellen lassen.

Die Plausibilitätsstatussignale entstehen aus einer Verknüpfung von Fehlerstatussignalen oder einer Verknüpfung von Meßwerten, ohne daß im letzteren Fall spezielle Fehlerstatussignale vorhanden sein müssen.

Plausibilitätssignale einzelner Analysatoren setzen die Kenntnis ihres Übertragungsverhaltens voraus. Ist ein Modell des Analysators vorhanden, lassen sich statistische Sicherheiten für den Meßwert angeben, wobei jedoch Selektivitätsstörungen selten

Prof. Dr. sc. techn. *Heinz Gatzmanga* (47) studierte nach der Lehre zum Chemiefacharbeiter von 1956 bis 1959 an der Ingenieurschule für Chemie in Köthen. Ab 1960 Dozent für Meß- und Regelungstechnik, ab 1966 Leiter der Fachrichtung Chemische Technologie an dieser Ingenieurschule. 1965 Diplomexamen, 1968 Promotion A an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. 1969 Berufung zum Dozenten für Prozeßmeßtechnik an die Ingenieurhochschule Köthen. 1975 Promotion B an der TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg. 1973 bis 1981 Tätigkeit im VEB Junkalor Dessau, u. a. ab 1975 als Direktor für Wissenschaft und Technik. 1981 Berufung zum Professor für Automatisierungstechnik an die Ingenieurhochschule Köthen, dort jetzt Leiter des gleichnamigen Wissenschaftsbereiches.

(Fortsetzung von S. 456)

- Die kleinste Meßwertstreuung hat das Meßsystem, in dem die Zeitimpulse durch die Flanken im Meßsignal am Anfang jeder Zeitperiode ausgelöst werden. In diesem Fall sind die Bedingungen für die Kopplung der Zeitimpulse und der Zeitperiode T nicht so streng, wie es bei der kontinuierlichen Erzeugung der Zeitimpulse der Fall ist.
- Die Meßwerte in einem idealen Meßsystem ($\varepsilon_0 = 0$) können unabhängig von der Zeitintervalldifferenz nur gerade (ungerade) Zahlen sein, wenn k nach (2) gerade (ungerade) ist.
- Die Menge der Meßwerte in einem idealen Meßsystem, in dem die Zeitperioden T des Meßsignals und t_0 der Zeitimpulse nicht streng gekoppelt sind, kann höchstens aus 3 ganzen Zahlen bestehen. Die Meßwerte am Ende jeder nacheinanderfolgenden Zeitperiode bilden eine periodische Folge. Die Meßwerte in einem realen Meßsystem haben größere Streuungen als in den beschriebenen speziellen Fällen.

Literatur

[1] *Ciddor, P. E.*: Some theoretical and experimental studies of a scanning photoelectric microscope. Metrologia 7 (1971) 4, pp. 135–142. msr 8384

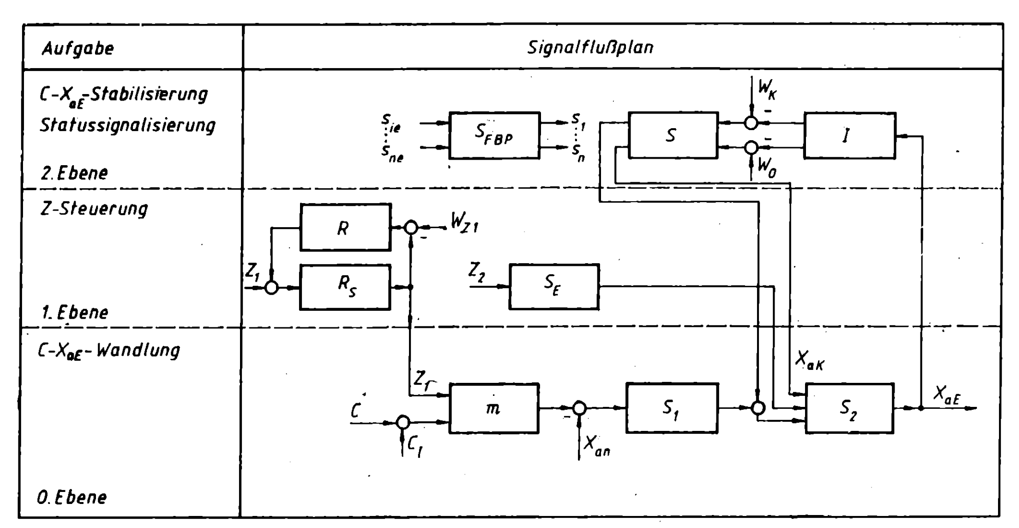


Bild 2. Hierarchische Struktur der Korrektur des Übertragungsverhaltens in Analysatoren

C Konzentrationssignal; X_{an} Vorlastkorrektur; W_{Z1} Führungsgröße; Z_1, Z_2 Einflußgrößen; X_{aK} Ausgangssignal der Steuerung S; W_K, W_0 Führungsgröße der Empfindlichkeit bzw. des Nullpunkts; $s_{1e} \dots s_{ne}$, $s_1 \dots s_n$ Statusein- bzw. -ausgangssignale; S, S_1, S_2 Signalverarbeitung; R_S Regelstrecke; S_E Störgrößenaufschaltung; I Identifikationseinrichtung; S_{FBP} Statussignalverarbeitung; weitere wie Bild 1

Achtung: Eingangsgröße von m ist Z_1'!

berücksichtigt werden können. Anders ist es bei Mehrfachmessungen, die an einen technologischen Prozeß gebunden sind. Hier kann eine statistische Sicherheit der Meßwerte angegeben werden, wenn ein Modell des technologischen Prozesses bekannt ist. Als Beispiel sei die $CO-CO_2$-Messung für Verbrennungsprozesse genannt (Bild 3). In einem analysatorinternen Rechner wird bei diesen Analysatoren eine der Luftüberschußzahl proportionale Kenngröße ermittelt. Da die Gesetzmäßigkeiten des Verbrennungsprozesses z.B. in Otto-Motoren bekannt sind, schließen sich bestimmte $CO-CO_2$-Konzentrationen aus, so daß die Richtigkeit des Ergebnisses bewertet werden kann. Die genannten Methoden genügen meist nicht, um das aktuelle Übertragungsverhalten der Analysatoren innerhalb der spezifischen, für einen Analysatortyp angegebenen Fehlergrenze zu bestimmen. Es können nur dann Korrektursignale für direkte Eingriffe abgeleitet werden, wenn das Gesamtübertragungsverhalten einen Fehler hat, der unter dem des Analysators liegt.

2. Stabilisierung des statischen Übertragungsverhaltens von Analysatoren

Alle bisher genannten Methoden können das zeitvariante Übertragungsverhalten von Analysatoren nicht beseitigen. Es ist deshalb erforderlich, Steuergrößen im Rahmen eines Identifikationsverfahrens zu finden, die eine Stabilisierung des statischen Übertragungsverhaltens ermöglichen. Diese Steuerungen sollen das Übertragungsverhalten der Konzentrations-Abbildungssignalwandlung konstant halten, wobei als zeitvariante Strukturänderung nur der Übertragungsfaktor K_c des Analysators korrigiert wird. Als Gütekriterium wird die Empfindlichkeitsfunktion E_K benutzt, die die Änderung der Übertragungsfunktion der $c - x_{aE}$-Wandlung $G_c(p)$ durch die Änderung des Übertragungsfaktors K beschreibt.

$$E_K = \frac{\Delta G_c / G_c}{\Delta K / K}. \tag{2}$$

Die Struktur des Steuerkreises ist hierbei, bezogen auf den Übertragungsfaktor, unabhängig vom Meßverfahren und ist durch eine multiplikative und damit nichtlineare Verknüpfung der Signale gekennzeichnet (Bild 4). Vorlasten oder Rückführungen im Meßverfahren verändern die Aufgabenstellung des übergeordneten Steuerkreises nur hinsichtlich der Steuerung des Nullpunktes, wobei additive Signalmischstellen vorhanden sind.

2.1. *Stabilisierung des Übertragungsverhaltens von Analysatoren nach dem Ausschlagverfahren*

Analysatoren, die nach dem Ausschlagverfahren (Einwegverfahren, s. Bild 2) arbeiten, haben einen festen Nullpunkt ($x_a = 0$ bei $c = 0$). Damit reduziert sich die Identifikationsaufgabe auf eine Übertragungsfaktorbestimmung. Weil über den zu identifizierenden Analysator A-priori-Kenntnisse vorhanden sind, besteht die Möglichkeit, mit direkten Messungen eine Parameterermittlung des Übertragungsverhaltens vorzunehmen. Die angewandten Verfahren unterscheiden sich vor allem dadurch, daß einmal der Meßvorgang nicht unterbrochen wird, während zum anderen bei getasteter Fahrweise des Analysators die Identifikation in den Tastpausen durchgeführt und der Korrekturalgorithmus abgearbeitet wird. Den im Bild 5 gezeigten Analysatorstrukturen liegt eine Kennfunktion des Typs

$$x_a = K_m \cdot c = k \cdot z \cdot c \tag{3}$$

z Einflußgröße

zugrunde.

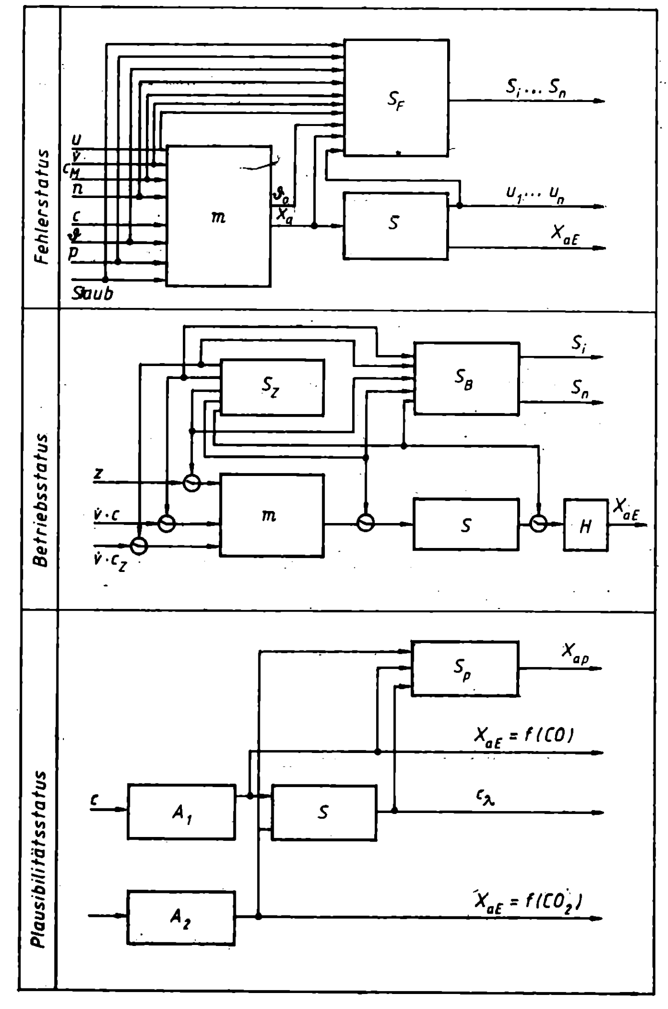


Bild 3. Statussignale in Analysatoren

$u, u_1 \dots u_n$ Spannungen; X_{ap}, $S_1 \dots S_n$ Statusausgangssignale; $\dot{v}$ Durchfluß; c_M, c_Z störende Konzentrationen; n Vorlast; ϑ Temperatur; p Druck; S_F, S_B, S_P Verarbeitungseinheiten für Fehler-, Betriebs-, Plausibilitätsstatussignale; H Halteglied; S_Z Steuerautomat; A_1, A_2 Analysatoreinheiten; c_λ Kenngröße für Luftüberschußzahl

Achtung: Eingangsgröße von A_2 ist c!

Zur Identifikation wird dem Meßsignal c ein Zusatzsignal bekannter Konzentration überlagert. Eine am Ausgang des Analysators liegende Tiefpaß- und Bandpaßfilterung ermöglicht die direkte Bestimmung des Übertragungsfaktors des Analysators. Die in der 2. Informationsebene liegende Steuerung bewirkt über ein Multiplizierglied eine Korrektur des Übertragungsfaktors.
Die Konzentrationstastung stellt eine Alternative zur direkten Modulation dar. Auch hier wird mit einer Vergleichskonzentration das Übertragungsverhalten ermittelt und in der Tastpause korrigiert.

Bild 4. Korrektur des Übertragungsverhaltens (Prinzip)

Achtung: Der Analysator in der ersten Zeile weist ebenfalls vor $G_{C1}(p)$ eine multiplikative Mischstelle auf und hat die Übertragungsfunktion $G_C(p) = G_{C1}(p)\cdot K$! C_0 steht hier summarisch für C und n!

	Signalflußplan	Übertragungsfunktion	Empfindlichkeitsfunktion
Analysator	K; C; $G_{C1}(p)$; X_{aE}	$G_{(p)} = G_{C1}(p)\cdot K$	$E_K = \frac{\Delta G_{C1}/G_{C1}}{\Delta K/K}$
Analysator mit Rückführung (1)	K; C; π; $G_{C1}(p)$; X_{aE}	$G_C(p) = \frac{X_{aE}(p)}{C(p)} = \frac{G_{C1}(p)\cdot K}{1+G_{C1}(p)K}$	$E_K = \frac{1}{1+G_{C1}(p)\cdot K} = R$
Analysator mit Rückführung (2)	K; C; $G_{C2}(p)$; π; $G_{C1}(p)$; X_{aE}	$G_C(p) = \frac{X_{aE}(p)}{C(p)} = \frac{G_{C2}(p)G_{C1}(p)\cdot K}{1+G_{C1}(p)\cdot K}$	$E_K = \frac{1}{1+G_{C1}(p)\cdot K} = R$
Analysator mit Vorlastkompensation	C_0; m; n_v; S; X_{aE}; R; W	$G_C(p) = \frac{G_s(p)}{1+G_S(p)\cdot G_R(p)} = \frac{X_{aE}(p)}{(n-n_v)(p)}$	

Der Übertragungsfaktor des Stabilisierungskreises lautet:

$$X_{aE}(p) = \frac{K_m \cdot K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_R \cdot W}{1 + K_m \cdot K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_R \cdot C} \cdot C(p)\,, \tag{4}$$

wenn das Stellsignal eine multiplikative Signalverknüpfung aufweist. Wird davon ausgegangen, daß der Arbeitspunkt der Analysatoren sich nur wenig ändert, oder daß sich der Übertragungsfaktor von S_2 sich als $K_{S2} + \Delta K_{S2}$ darstellen läßt, wobei ΔK_{S2} das Stellsignal ist, lautet der Übertragungsfaktor

$$X_{aE}(p) = \frac{K_m \cdot K_{S1}(K_{S2} + K_R \cdot W)}{1 + K_m \cdot K_{S1} \cdot K_R \cdot C} \cdot C(p)\,. \tag{5}$$

Eine Identifikation des Übertragungsverhaltens bei multiplikativ verknüpften Einflußgrößen mit der Konzentration ist nur möglich, wenn ein von Null abweichender bekannter Konzentrationswert vorhanden oder eine Näherung der Kennfunktion durch eine additive Verknüpfung möglich ist.

Demgegenüber gibt es auch Kennfunktionen von Analysatoren, die sich in der Form

$$x_{aE} = K_0 \cdot c + K_z \cdot z \tag{6}$$

K_c Übertragungsfaktor des Analysators, K_z Übertragungsfaktor der Einflußgröße

darstellen lassen.

Einflußgrößen z, die dieser Beziehung folgen, sind vor allem solche Größen, aus denen sich die eigentliche Meßgröße des Analysators ableitet (z.B. ein Magnetfeld). Damit sind K_c und K_z in ihrer Zeit- und Einflußgrößenabhängigkeit ähnlich, so daß eine z-Modulation zur Identifikation benutzt werden kann.

Eine Variante dieser Stabilisierung besteht in der definierten Zugabe einer ebenfalls auf den Meßeffekt ansprechenden Stoffart c_z:

$$x_{aE} = K_c \cdot c + K_{cz} \cdot c_z\,. \tag{7}$$

Nicht immer ist die $c - x_{aE}$-Wandlung linear. Die Verfahren sind jedoch gut anwendbar, wenn in S_1 eine Korrektur der Nichtlinearität durch Bildung der Inversfunktion erfolgt. Ohne diese Korrektur ist der Regelkreis nicht an allen Arbeitspunkten optimal einstellbar.

2.2. *Stabilisierung des Übertragungsverhaltens bei Analysatoren nach dem Differenzverfahren*

Differenzverfahren (Zweiwegverfahren, s. Bild 2) werden in Analysatoren eingesetzt, wenn das Meßprinzip eine Vorlast im natürlichen Abbildungssignal bedingt oder wenn die Meßmethode in der Meßgrößenumformung keinen stabilen Nullpunkt zuläßt, wie der Kennfunktionstyp $x_a = K_m \cdot c + n$ zeigt.

Um eine Stabilisierung des statischen Übertragungsverhaltens zu erzielen, müssen

- der Nullpunkt durch eine additive Überlagerung des Abbildungssignales mit einem Stellsignal aus der Steuerung stabilisiert
- die Empfindlichkeit durch einen multiplikativen Eingriff der Steuerung korrigiert

werden.

Vorrangig ist hierbei die Korrektur des Nullpunktes, da der zu korrigierende Vorlastanteil häufig 100mal größer als der konzentrationsabhängige Teil ist.

Die Struktur der Steuerung und ihr Übertragungsverhalten zeigt Bild 6. Es handelt sich um einen einschleifigen Regelkreis, bei dem die Mischstelle zur Vorlastkorrektur nach dem Meßgrößenumformer angeordnet ist. Die Regelung darf nur wirksam werden, wenn das Konzentrationssignal im Meßgrößenumformer Null ist. Damit ist die Führungsgröße üblicherweise ebenfalls Null. Zur Vermeidung von Polaritätswechseln im Stellsignal und zur Erzeugung interner lebender Nullpunkte der Selbstüberwachung kann die Führungsgröße auch größer Null gewählt werden. Eine Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß das Meßsignal und der nicht kompensierte Vorlastanteil das gleiche Vorzeichen haben. Ein Verzicht auf das Nullsignal kann nur erfolgen, wenn durch Mehrfachtastung aus Ausgangssignalen eine Rekonstruktion der Kennfunktion erfolgt.

Bild 5. Stabilisierung des Übertragungsfaktors in Analysatoren

C_v Konzentration Vergleichskanal; $C^{\sim}, Z^{\sim}, X_a^{\sim}$ periodische Signale; ⎍ Tastsignal; $D_n T_m$ Vorhalt- bzw. Verzögerungsglied höherer Ordnung

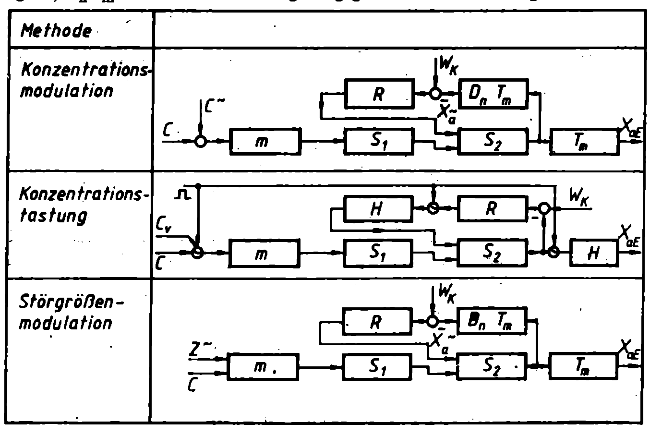
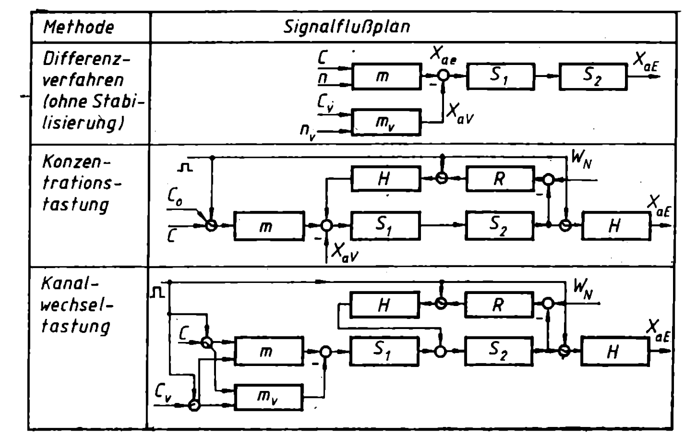


Bild 6. Stabilisierung des Nullpunktes in Analysatoren

W_N Führungsgröße des Nullpunkts; C_v, n_v, X_{av} Signale des Vergleichskanals



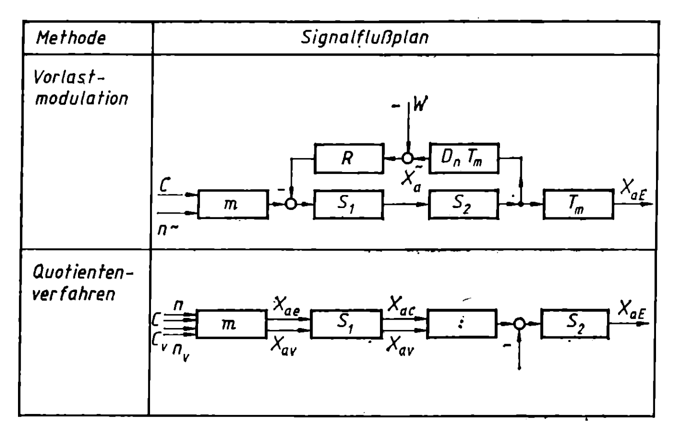


Bild 7. Stabilisierung der Vorlast

X_{an} Korrektursignal zur Vorlastkorrektur (Eingangssignal an der Mischstelle vor S_2)
Achtung: Eingangssignal von $S_1 X_{ac}$

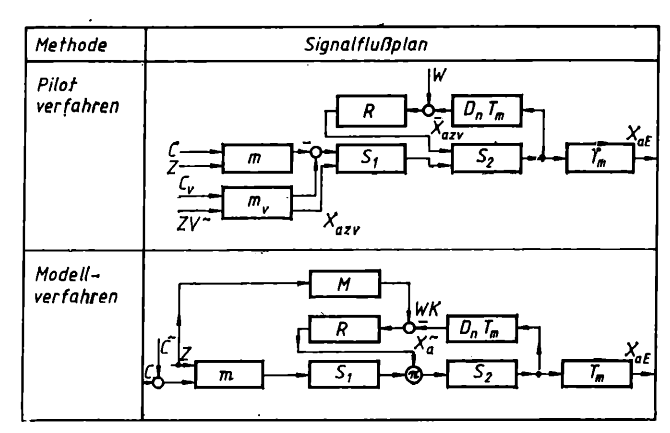


Bild 8. Empfindlichkeitsstabilisierung nach dem Pilot- und Modellverfahren

Das Übertragungsverhalten wird für den Stabilisierungskreis durch die Übertragungsgleichung

$$X_{aE}(p) = \frac{G_{s1} \cdot G_{s2}}{1 + G_{s1} \cdot G_{s2} \cdot G_R} \cdot (X_{an} - X_{avn})(p) + \frac{G_{s1} \cdot G_{s2} \cdot G_R}{1 + G_{s1} \cdot G_{s2} \cdot G_R} \cdot W_N(p) \quad (8)$$

beschrieben.
Nicht immer ist die Vorlast und der Übertragungsfaktor einer Kennfunktion in gleicher Weise zeitvariant. Es ist in vielen Fällen ausreichend, die Vorlast oder die Haupteinflußgröße der Vorlast zu identifizieren und zu stabilisieren. Es handelt sich um Steuerkreise mit additiven Mischstellen für die Stellsignale, wie Bild 7 zeigt. Eine Variante der Konzentrationstastung zur Stabilisierung des Nullpunktes stellt der Kanalwechsel von Meß- und Vergleichskanal dar. Dies ist bei solchen Meßverfahren möglich, bei denen zur Bildung des natürlichen Abbildungssignals eine Vergleichskonzentration vorhanden ist oder im Analysator gebildet wird.
Die in Analysatoren auftretenden Kennfunktionen haben häufig eine Zeitvarianz des Nullpunktes oder des Übertragungsfaktors und zusätzlich mindestens eine Nichtlinearität. Als Beispiel sei der den Fotometern zugrunde liegende Kennfunktionstyp

$$x_a = k_1 \cdot e^{-k_2 \cdot c} \quad (9)$$

genannt. Bei $c = 0$ wird das Ausgangssignal zu k_1. Damit ist ein Grundsignal vorhanden und eine Nullpunktkorrektur wie beim Differenzverfahren (Zweiwegverfahren) erforderlich. Die mögliche Reihendarstellung

$$x_a = k_1(1 - k_2 c + k_2 c^2/2 - + \ldots) \quad (10)$$

liefert eine einfache Möglichkeit zur Korrektur der Nichtlinearität. Zur Identifikation darf jedoch nur die physikalisch begründete Funktion benutzt werden, da sonst die multiplikative Verknüpfung nicht berücksichtigt wird. Eine statische Stabilisierung des Übertragungsfaktors kann mit dem Pilotverfahren durchgeführt werden (Bild 8), das in einer Vielzahl von Varianten existiert. Eine Nullpunktkorrektur braucht bei Anwendung des Pilotverfahrens nicht immer vorgenommen zu werden, da durch die konstruktive Gestaltung die Einflußgrößen der Vorlasten beider Kanäle und ihre Wirkungen sich nähern.
Der Übertragungsfaktor der Stabilisierung der Größe Z_v (eine multiplikativ verknüpfte Vorlast) mit einem P-Regler lautet:

$$X_{azv} = \frac{K_{mv} \cdot K_{s1} \cdot K_{s1} \cdot K_{s2} \cdot K_R \cdot W_K}{1 + K_{mv} \cdot K_{s1} \cdot K_{s2} \cdot K_R \cdot Z_v} \cdot Z_v \,, \quad (11)$$

während das statische Verhalten der $c - x_{aE}$-Wandlung durch die Gleichung

$$X_{aE} = K_{s1} \cdot K_{s2} \cdot k_1(1 - e^{-k_2 \cdot c}) \quad (12)$$

beschrieben wird.
Mit dieser Methode ist ohne experimentelle Kennfunktionsaufnahme des Gerätes und Vorjustage kein Fehler unter 2,5% erzielbar, da im Meßgrößenumformer häufig weitere Nichtlinearitäten auftreten, die nicht durch das Meßprinzip bedingt sind.
Funktionstypen mit logarithmischer Kennfunktion treten vorrangig bei physikalisch-chemischen Reaktionen auf.
Die Funktion $x_a = K \cdot \ln c + k$ beschreibt das Verhalten von Konzentrationsketten.

$$x_a = \frac{RT}{nF} \cdot \ln c_c + n_c - \frac{RT_v}{nF} \cdot \ln c_v - n_v \,. \quad (13)$$

R Gaskonstante; F Faraday-Konstante; n Wertigkeit; T absolute Temperatur; c_c, n_c Meßseite; c_v, n_v Vergleichsseite

Bei $c = c_v$ tritt eine vorrangig temperaturabhängige Vorlast der Größe

$$x_{an} = \frac{RT - RT_v}{nF} + n_c - n_v = n^* \quad (14)$$

auf. Damit wird eine Nullpunktkorrektur erforderlich, die über den Reihenansatz

$$x_{an} = a_0 + a_1 c - a_{0v} - a_{1v} c_v \quad (15)$$

leicht bestimmbar wird.
Die nachfolgende Empfindlichkeitskorrektur erfordert einen Meßwert, bei dem c und c_v stark unterschiedlich sein müssen. Die nachfolgende Korrektur der Nichtlinearität bezüglich der Abweichungen des Grundfunktionstyps sind selten erforderlich und können nur über einen zweiten Konzentrationswert erfolgen.
Die hier gezeigten Methoden lassen keine eindeutige Identifikation zu, wenn die Nichtlinearität aus der Überlagerung mehrerer Nichtlinearitäten entsteht.
Eine in diesem Fall angewandte Methode kann die Ermittlung des Übertragungsverhaltens mit festen Bezugsmodellen sein. Gemeinsam ist allen Verfahren hierbei, daß ein Bezugsmodell des Sollübertragungsverhaltens elektronisch gespeichert ist und ein Vergleich mit dem zu identifizierenden System durchgeführt wird. Um mit diesen Methoden zu arbeiten, muß mindestens ein Konzentrationswert vorhanden sein, da nur dann Einflußgrößenvariationen einen Modellvergleich ermöglichen.

3. Stabilisierung des Übertragungsverhaltens von ZrO_2-Analysatoren

Potentiometrische Sauerstoffanalysatoren haben eine Kennfunktion der Konzentrations-Abbildungssignalwandlung, die der Gleichung

$$U_Z = t_i \cdot \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{c_v}{c_m} + U \quad (16)$$

U_Z Zellenspannung; t_i Ionenübergangszahl; c_m Meßseite; c_v Vergleichsseite; U Spannung (Vorlast)

folgt. Die Kennfunktion weist damit eine starke Nichtlinearität, eine Vorlast und eine Einflußgrößenabhängigkeit auf. Als Meßverfahren kommt ohne Modulation der Konzentration oder einer konzentrationsabhängigen Größe nur das Differenzverfahren in Frage.
Eine Alternative zur Potentialmessung U_Z ist die Diffusionsstrommessing i_D

$$i_D = -\frac{n \cdot F}{\nu} \cdot A \cdot D \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot c_m \,. \quad (17)$$

ν stöchiometrischer Faktor; A Fläche; D Diffusionskoeffizient; α Schichtdicke

Sie führt zu einer vorlastfreien, linearen Kennfunktion mit geringen Einflußgrößenabhängigkeiten. Müssen kleine Konzentrationsdifferenzen erfaßt werden, ist die Funktion $i_D = f(c_m)$ nicht ausreichend auflösbar.
Die Anwendung der potentiometrischen Methode mit einem Differenzverfahren hat keine ausreichende Übertragungsstabilität gegenüber Temperaturschwankungen.
Die effektivste Methode zur Verringerung dieses Zusatzfehlers wird durch eine Temperaturregelung bewirkt.
Die mit diesen Maßnahmen erreichbare Langzeitstabilität ist nicht immer ausreichend, da die Vorlast und die Steilheit nicht nur temperaturabhängig sind. Eine Stabilisierung des Übertragungsverhaltens erfordert eine Identifikation der aktuellen Vorlast und eine Erfassung der Kennfunktionssteilheit an einem Kurvenpunkt, wenn davon ausgegangen wird, daß der Funk-

tionstyp erhalten bleibt. Ist dies nicht der Fall, muß eine Mehrpunktrekonstruktion der Kennfunktion erfolgen.
Priorität bei der Kennfunktionsidentifikation und Stabilisierung hat die Vorlast und damit der Nullpunkt.
Eine Möglichkeit der Identifikation besteht in einer Temperaturtastung. Die Vorlast U wird bestimmt durch

$$U = \frac{U_{Z1} - U_{Z2} \cdot (T_1/T_2)}{1 - (T_1/T_2)}. \tag{18}$$

U_{Z1}, U_{Z2} bei Temperatur T_1 bzw. T_2

Eine Alternative zur Temperaturtastung ist ein alternierender Kanalwechsel von c_m und c_v. Die Vorlast U_{as} ist damit

$$U_{as} = \frac{U_{Z1} - U_{Z2}}{2}. \tag{19}$$

Die Identifikation der Steilheit der Kennfunktion K_m erfolgt durch eine Konzentrationsmodulierung über eine Dosiereinheit oder eine konzentrationsbestimmende Einflußgröße

$$K_m = \frac{U_{Z1} - U_{Z2}}{\ln \frac{c_v + \Delta c}{c_v}}. \tag{20}$$

Die Algorithmen werden digital in einem Rechner abgearbeitet. Zur anschaulichen Darstellung der Methode wurde jedoch im Bild 9 eine Kombination von Baugliedplan und Signalflußplan gewählt. Mit diesen Maßnahmen konnte eine Verbesserung der Langzeitstabilität erreicht werden, die bei Mustergeräten zwischen dem Faktor 50 und 100 liegt.

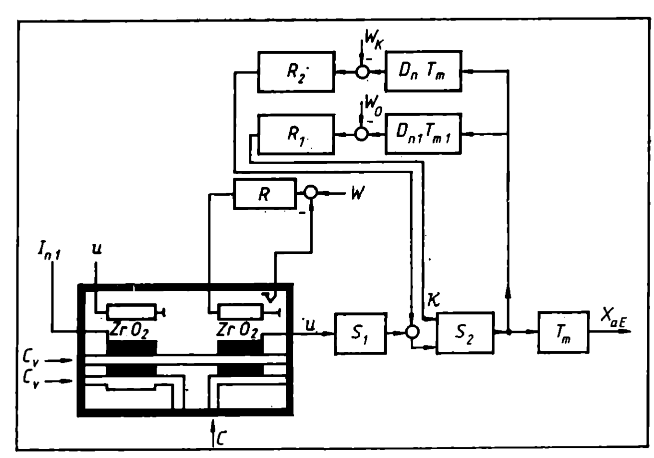


Bild 9. Stabilisierung des Übertragungsverhaltens eines ZrO_2-Analysators
I_{n1} Stromquelle; U Spannungsquelle

Zusammenfassung

Die Zeitvarianz des Übertragungsverhaltens von Analysatoren ist durch aufgabenangepaßte Meßverfahren und Einflußgrößensteuerungen nicht ausreichend zu stabilisieren. Identifikationen, auch Steuerungen des Übertragungsverhaltens der Analysatoren, führen zu einer Stabilisierung des Übertragungsverhaltens. Ausgewählte Methoden dieser Technik und ihre Wirkung werden erläutert. Die Wirksamkeit der Methoden wird an einem ZrO_2-Analysator gezeigt. msr 8507

W. Bennewitz; M. Ulbricht; H. Stechert

Ein CAD-System zur Projektierung und Konstruktion von MSR-Anlagen

0. Einleitung

Mit der zunehmenden Verbreitung der Mikrorechentechnik in allen Bereichen der Volkswirtschaft steigen die Möglichkeiten und die Notwendigkeit des Einsatzes von CAD/CAM-Systemen. Der Einsatz von CAM-Systemen in den Bereichen der Fertigung stellt auch an die Bereiche der Technischen Vorbereitung (TeVo) erhöhte Anforderungen. Um die Vorteile der neuen Fertigungsverfahren voll ausschöpfen zu können, ist auch eine Intensivierung der Projektierungs- und Konstruktionsphase notwendig. Seit einiger Zeit werden verstärkte Anstrengungen unternommen, CAD-Systeme für diese Bereiche zu entwickeln. Der Einsatz solcher Systeme ermöglicht eine erhebliche Verkürzung der Projektdurchlaufzeiten und sichert ein hohes Maß an Flexibilität bei der Projekterstellung.
Im VEB Geräte- und Reglerwerk Leipzig wird seit zwei Jahren ein Rechnerarbeitsplatz für die Konstruktion von MSR-Anlagen eingesetzt. Mit ihm werden Verdrahtungsunterlagen erstellt. Die Software wurde im Industrie-Hochschul-Komplex Anlagenautomatisierung (IHK) der Technischen Hochschule Leipzig erarbeitet [1] und [4].

1. Rechnergestützte Erarbeitung von Funktionsschaltplänen

Mit der Erweiterung des bestehenden Systems auf den Bereich Projektierung erfolgt ein weiterer Schritt zur Schaffung eines komplexen CAD-Systems für die Projektierung von Automatisierungsanlagen. Die rechnergestützte Erarbeitung und Auswertung von Projektunterlagen gestattet neben den unmittelbaren Qualitäts- und Quantitätssteigerungen im Bereich Projektierung auch einen noch effektiveren Einsatz des Konstruktionsarbeitsplatzes. Einen wesentlichen Abschnitt bei der Projektierung von MSR-Anlagen bildet die Erarbeitung von Funktionsschaltplänen (FSP) nach TGL 16084/02 und Stromlaufplänen (SLP) nach TGL 16084. Der FSP beschreibt i. allg. den funktionalen Aufbau der Abschnitte „Messen" und „Regeln" innerhalb einer MSR-Stelle [5]. Mit dem Stromlaufplan wird der Abschnitt „Steuerung" dargestellt [6]. FSP und SLP bilden eine wesentliche Grundlage zur Erarbeitung der Verdrahtungslisten für die Montage.
Das häufige Auftreten von Wiederholstrukturen in den Funktions- und Stromlaufplänen bietet einen wesentlichen Ansatzpunkt für den Einsatz rechentechnischer Hilfsmittel bei ihrer Erstellung.
Im Rahmen der CAD/CAM-Lösung „Rechnergestützte Projektierung von MSR-Anlagen für Kraftwerke" wurde im VEB EAB-ZFT/RC1 ein Programmpaket zur Erstellung und Verwaltung von Funktionsschaltplänen an einem für quasigrafische Arbeitsweise modifizierten Bürocomputer A 5120 unter Verwendung des Betriebssystems SIOS 1526 entwickelt. Die zur Umrüstung erforderlichen Hardwarekomponenten und Gerätebedienroutinen sind in [2] beschrieben.
Voraussetzung für die quasigrafische Arbeit am modifizierten Bürocomputer ist die Erarbeitung eines problemspezifischen Zeichenvorrats und dessen Installierung auf dem Zeichengenerator der Ansteuerbaugruppe ABS K 7029 [2]. Neben dem alphanumerischen Zeichenvorrat können maximal 128 quasigrafische Zeichen implementiert werden. Für die FSP-Erstellung werden z. T. 89 Zeichen genutzt.
Ein Funktionsschaltplan im Format A4 benötigt für seine Darstellung auf dem Bildschirm 32 Zeilen $\times$ 64 Spalten (1 Bildschirminhalt) sowie für das Schriftfeld weitere 8 Zeilen, die in einem Zusatzspeicher abgelegt sind. Mit Hilfe einer Rollfunktion kann das Schriftfeld in den unteren Teil des Bildschirms angehoben werden.
Kernstück des Programmpakets „FSP-Erstellung" ist das Programm „Bildaufbau und -manipulation", das problemunabhängig ist und allgemein den Aufbau eines Bildes aus Bildelementen (Zeichen, Zeichenketten, Teilbildern) sowie deren Manipulation im Bild (Verschieben, Kopieren, Löschen) realisiert. Die Art des erstellten Bildes (Funktionsschaltplan, Stromlaufplan

Prof. Dr. sc. techn. *Werner Bennewitz* (54) studierte von 1954 bis 1959 an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List" Dresden. Von 1959 bis 1963 Hauptabteilungsleiter und ab 1964 Betriebsdirektor im VEB GRW Teltow, Betriebsteil Leipzig. 1977 Promotion A, 1980 Promotion B. Seit 1981 Leiter des Industrie-Hochschul-Komplexes der TH Leipzig. 1986 Berufung zum a. o. Professor.

Dipl.-Ing. *Martin Ulbricht* (29) arbeitet von 1975 bis 1980 nach der Berufsausbildung als Facharbeiter für Anlagentechnik im VEB Großbäckerei Leipzig und legte in dieser Zeit an der Volkshochschule Leipzig das Abitur ab. Von 1980 bis 1984 Studium an der Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig. Seit 1984 Ingenieur für Forschung und Lehre am Industrie-Hochschul-Komplex der TH Leipzig.

Dipl.-Ing. *Harald Stechert* (37) studierte von 1968 bis 1972 an der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden. Von 1973 bis 1979 mit der Projektierung von Fernwirkanlagen und Kraftwerkssteueranlagen im VEB KEAB Berlin beschäftigt. Seit 1980 in der Anwendungsprogrammierung im Institut für Elektroanlagen, ZFT des VEB KEAB, tätig.

u. a.) ist abhängig vom implementierten Zeichenvorrat und den in den Stammdateien gespeicherten Zeichenketten und Teilbildern.
Das Programm „Bildaufbau und -manipulation" beinhaltet folgende Funktionen:

- Einblenden der Modulübersicht mit den im Programm enthaltenen Funktionen sowie deren Aufruf- und Unterkommandos (Help-Funktion)
- Einblenden von Einzelzeichen oder Zeichenketten als Menü und Positionierung im Bild nach Auswahl
- Aufruf und Positionierung von Teil-FSP nach Eingabe ihres Namens (max. 10stellige Mnemonik)
- Zeichnen und Löschen von Linien
- spaltenweises Schreiben (senkrechte Zeichenausgabe)
- automatisches und manuelles Positionieren der Schriftfeldschablone unter dem FSP-Bild
- FSP-Erstellung als Wiederholung, d. h. Verwendung bereits erstellter FSP-Bilder für neue Meßstellen
- Horizontale und vertikale Zeichenketten/Bildausschnitte verschieben, kopieren und löschen
- freies Löschen in 4 Richtungen mittels Kursortasten
- Löschen von FSP in der Auftragsdatei
- Zeichnungsausgabe über Drucker
- Übertragung von FSP zur SM4—20 zwecks Auswertung.

Grundlage für die Bildschirmarbeit sind folgende, mit Hilfe eines Seviceprogramms aktualisierbare Stammdateien:

- Zeichenkettenspeicher mit 5 Menüzeilen
- Teil-FSP-Datei für max. 78 komprimiert abgespeicherte Teil-FSP
- Schriftfeldschablone mit konstanten Daten.

Diese Stammdateien befinden sich auf einer Minidiskette mit Systemlader und Programmpaket als ladbare Phase. Eine weitere Diskette beinhaltet die auftragsabhängigen Dateien und dient zur Aufnahme von max. 78 komprimiert abgespeicherten Funktionsschaltplänen.
Als Name für die Ablage eines FSP in der Auftragsdatei dient seine 6stellige MSR-Stellennummer.
Die Auftragsdiskette enthält außerdem einen Kopfsatz mit auftrags- und nutzerspezifischen Daten, die beim Eröffnungsdialog mit den Eingaben verglichen bzw. in das Schriftfeld eingetragen werden, sowie eine Verzeichnisdatei der abgespeicherten FSP und eine Datei für Konstruktionsdaten. Aufruf und Abspeicherung von Funktionsschaltplänen sind automatisch in den Programmablauf eingebunden, die Führung durch das Programm erfolgt über entsprechende Menüs und Dialogausschriften.
Mit diesem Programmpaket wurde eine komfortable Lösung zur rationellen Erstellung von Funktionsschaltplänen auf Basis von Hardware des VEB Kombinat Robotron geschaffen. Eine ausführliche Veröffentlichung ist in der Zeitschrift „rechentechnik/datenverarbeitung" unter dem Titel „Entwicklung von Funktionsschaltplänen (FSP) am quasigrafischen Bürocomputer A 5210" vorgesehen.
Die beschriebene Lösung bildet die Grundlage für eine geplante weiterentwickelte Version unter dem Betriebssystem UDOS, die unter anderem die Erweiterung auf das Zeichnungsformat A 3 um Inhalt hat und nachfolgend erläutert wird.

Bild 1 zeigt ein Beispiel für einen bearbeiteten FSP. Die hier bereits eingetragenen Klemmenbezeichnungen an den Leisten und Verteilerkästen werden bei der Erarbeitung der Verdrahtungslisten festgelegt.

2. Rechnergestützte Erstellung von Verdrahtungsunterlagen

FSP und SLP dienen der funktionalen Beschreibung der MSR-Anlage. Sie bilden die Grundlage für die Verdrahtung und Verkabelung der Anlage.
Prinzipiell hat eine Automatisierungsanlage folgende Struktur: Unmittelbar in die technologische Anlage sind die sogenannten örtlichen Geräte integriert. Dies sind z. B. Meß- und Stellglieder, wie Fühler, Stellventile, Schalter u. ä. In der Schaltwarte befinden sich Zentraleinrichtungen (ZER), in denen die Geräte der eigentlichen Automatisierungsanlage auf Bestückungsebenen angeordnet sind.
Die Verbindung der örtlichen Geräte mit der ZER erfolgt über Verteilerkästen und Rangierverteilerleisten.
In den Verdrahtungslisten werden die konkreten Anschlüsse der Verteilerkästen, Rangierverteilerleisten sowie die erforderlichen Brücken innerhalb der Bestückungsebenen und an den örtlichen Geräten beschrieben.
Zur rechnergestützten Erarbeitung der Verdrahtungslisten gibt der Konstrukteur die Angaben zu den Klemmen der örtlichen Geräte und der Geräte innerhalb der ZER ein. Die Verbindungen der Geräte zur ZER sowie die nötigen Brücken werden dann vom Rechner festgelegt.
Der Dialog zur Eingabe der Daten und zur Ausgabe der Leisten wird über vier Dialogseiten geführt. In der Dialogseite „S0" erfolgt die Eingabe der Daten zur Projektidentifikation. Sie bildet den Ausgangspunkt zum Aufruf der weiteren Menüseiten und der Kommandoübersicht. Sie wird automatisch beim Verlassen einer Menüseite erreicht.
In Dialogseite „S1" werden dem Rechner die Angaben zu den Leisten übermittelt. Bezogen auf die jeweilige ZER und Potentialgruppe muß eine ausreichende Menge von Leisten mit Leistennummer, Anzahl der Klemmen und Art der Leiste eingegeben werden. Stellt sich im Verlauf der Abarbeitung heraus, daß weitere Klemmstellen benötigt werden, erfolgen ausführliche Fehlermeldungen, die auf notwendige Korrekturen in Seite 1 hinweisen.
In Dialogseite „S2" werden die Daten zu den Geräten in den Bestückungsebenen, den örtlichen Geräten und den Verteilerkästen eingegeben. Zu jeder Geräteklemme gehören dabei die örtliche Position, die Klemmenbezeichnung, die Potentialbezeichnung, gegebenenfalls ein Abschlußwiderstand und die zugehörige ZER. Bei örtlichen Geräten, deren Verdrahtung über einen Verteilerkasten geführt wird, steht anstelle der ZER-Bezeichnung die Bezeichnung des Verteilerkastens, dem dann die entsprechende ZER zugewiesen wird.
In allen Menüseiten stehen Dialogroutinen zum rationellen Eingeben, Anzeigen und Löschen von Daten zur Verfügung. Für die Dialogseite „S2" als Schwerpunkt der Eingabe wurden zusätzliche Möglichkeiten für eine komfortable Eingabe und Manipulation der Klemmendaten realisiert. Dazu gehören Routinen zum automatischen Eintragen von Standardwerten, zur Übernahme sich wiederholender Werte, sowie zum effektiven Korrigieren und Duplizieren bereits abgespeicherter Datensätze.

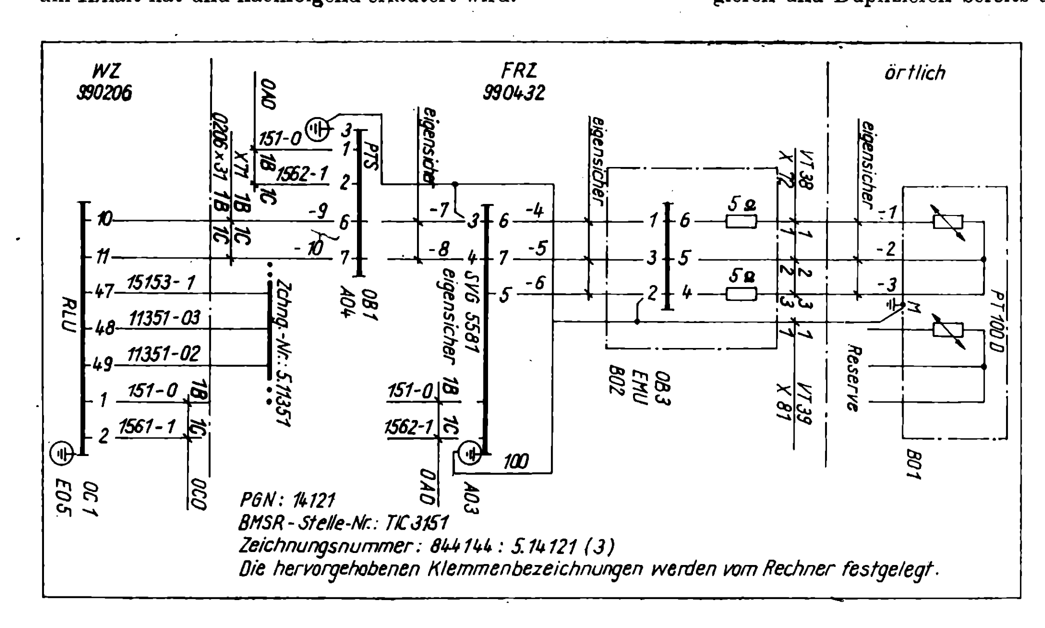


Bild 1. Beispiel für einen Funktionsschaltplan

Tafel 1. Brückenliste ZER-POS: 4032 Bestückungsebene: 0

Lfd. Nr.	PG	Leitungs-Typ	Farbe	Potential		Brücke		Lfd. Nr.	PG	Leitungs-Typ	Farbe	Potential		Brücke	
				PGN	Z-N	Ort	Klemme					PGN	Z-N	Ort	Klemme
01	40	LIY 0,25	BL	14121	4	0B2	6	22						0B1	2
02						0B3	1	23						0B2	2
03								24							
04	40	LIY 0,25		14121	5	0B2	7	25	10	NY 0,5		151	0	0A0	1B
05						0B3	3	26						0B1	1
06								27						0B2	1
07	40	LIY 0,25		14121	6	0B2	5	28							
08						0B3	2	29	00	NY 0,5	GNGE	151	PE	0B1	SL
09								30						0B2	SL
10	40	LIY 0,25		14121	7	0B1	10	31	10	NY 0,5	SW	1561	1	0C1	2
11						0B2	3	32						0K0	1C
12								33							
13	40	LIY 0,25		14121	8	0B1	11	34	10	NY 0,5		151	0	0C1	1
14						0B2	4	35						0K0	1B
15								36							
16	30	LIY 0,25	SW	14121	100	0B1	3	37	00	NY 0,5	GNGE	151	PE	0C1	SL
17						0B2	3								
18							SL								
19						0B3	2								
20															
21	10	NY 0,5	SW	1562	1	0A0	1C								

PG ... Potentialgruppe; PGN ... Potentialgrundnummer; Z-N ... Zählnummer

Tafel 2. Anschlußlisten für die Verteilerkästen VT38 und VT39

Bauteil			Verteilerkasten		Potential		Ziel		
Position	Klemme	Brücke	Klemme	Brücke	PGN	Z-N	Position	Ort	Klemme
315101	A		1		14121	1	0432	X72	1
	E		2			2			2
	E		3			3			3
Verteilerkasten	V 38								
315101	M		1		14121	1	0432	X81	1
Verteilerkasten	V 39								

Grundsätzlich werden alle Eingaben sofort syntaktisch überprüft. Im Fehlerfall erfolgt ein Hinweis, und es wird eine neue Eingabe gefordert. Die Dialogseite „S4" enthält das Kabel- und Leitungstypenverzeichnis. Hier wird jeder Potentialgruppe ein Kabel- und/oder Leitungstyp zugeordnet. Der Bearbeiter kann das Verzeichnis für den speziellen Auftrag modifizieren. Parallel dazu bleibt das Standard-Verzeichnis erhalten. Bei der Eingabe in Dialogseite „S2" wird der Kabel- und Leitungstyp mit der Potentialgruppe verschlüsselt eingegeben. In den Verdrahtungslisten wird der zugehörige Typ ausgedruckt.

Weiterhin werden in dieser Seite mittlere Längen für Brücken und Entfernungen der ZER eingegeben. Sie dienen zur überschlagsmäßigen Ermittlung des Verbrauchs an Kabel und Leitungen. Über den Dialog in Dialogseite „3" erfolgt das Zusammenstellen und der Ausdruck der folgenden Listen:

- Brückenliste
  Verbindungen von Klemmen mit gleichem Potential in einer ZER-Bestückungsebene (Tafel 1) und an örtlichen Geräten.
- Anschlußliste
  Belegung der Anschlüsse der einzelnen Verteilerkästen (Tafel 2)
- Bauschaltliste
  Belegung der Rangierverteiler- und ZER-Leisten (Tafel 3)
- Kabelliste für Unterverbindungen
  Verbindungen zwischen den ZER
- Liste für Klemmeneintragungen
  Geordnete Zusammenstellung aller zu einem Potential gehörigen Klemmen. Diese Liste dient der Vervollständigung des FSP mit den vom Rechner festgelegten Klemmenangaben und dem Verfolgen des Potentials zur Fehlersuche bei Störungen in der Anlage.
- Zeichnungsverzeichnis
- Materialverbrauchsliste
  Angaben zu den erforderlichen Mengen der einzelnen Kabel- und Leitungstypen.

Für die erfolgreiche Zusammenstellung der Listen ist es notwendig, daß bestimmte Eingaben erfolgt sind und logisch vorangestellte Listen bereits berechnet wurden. Die Einhaltung der Reihenfolge bei der Abarbeitung wird automatisch überwacht.

Der Bediener entscheidet im Dialog, welche Listen ausgedruckt bzw. nur berechnet werden. Die Listen können mehrmals gedruckt werden und stehen sofort als Projektunterlage zur Verfügung. Der Druck erfolgt im Format A4 quer. Die Seitenschaltung entspricht der Formeinstellung des Druckers, so daß auch größere Papierformate eingesetzt werden können.

Auf dem Konstruktionsarbeitsplatz werden je Auftrag bis zu 2000 Potentiale verarbeitet. Auf jeder Arbeitsdiskette können Angaben zu etwa 10000 Klemmstellen abgespeichert werden. Die flexibel gestaltete Datei- und Diskettenarbeit nutzt die entsprechenden UDOS-Routinen. Damit werden die zu speichernden Klemmdaten in Dateien abgelegt, die dem UDOS-Format voll entsprechen. Somit können sämtliche vom Betriebssystem angebotenen Routinen für die Dateiarbeit auch vollständig für

Tafel 3. Bauschaltlisten für die Leisten X31, X71, X72, X81

Position		Lfd. Nr.	Brücke	Potential		Position	
Ort	Klemme			PGN	Z-N	Ort	Klemme
0206X31	1B	1B		14121	9	0B1	6
	1C	1C			10		7
ZER-POS	0432						
Leiste	X71						
Vt038	1	1		14121	1	0B3	6
	2	2			2		5
	3	3			3		4
ZER-POS	0432						
Leiste	X72						
Vt39	1	1		14121	100	0B3	2
ZER-POS	0432						
Leiste	X81						
0432X71	1B	1B		14121	9	0C1	10
	1C	1C			10		11
ZER-POS	0206						
Leiste	X31						

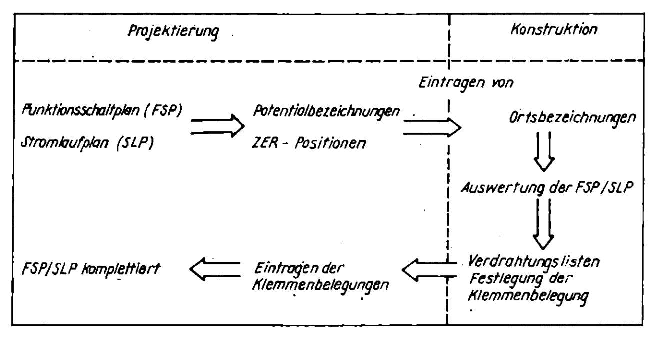


Bild 2. Übersicht zur Zusammenarbeit der Bereiche Projektierung und Konstruktion bei der FSP/SLP-Erstellung und -Bearbeitung

die Arbeit mit den Auftragsdateien genutzt werden. Es bestehen keinerlei Forderungen zur zusätzlichen Initialisierung der Disketten. Es ist möglich, mehrere Aufträge auf einer Diskette zu speichern, sowie mehrere Disketten zur Abspeicherung der zu einem Auftrag gehörigen Dateien einzusetzen. Praktisch wird die Anzahl der Arbeitsdisketten durch die Anzahl der Laufwerke begrenzt, da durch den sonst häufig notwendigen Diskettenwechsel die Abarbeitungszeit wesentlich steigt.
Der Arbeitsplatz bietet neben einer wesentlichen Verkürzung der Bearbeitungszeit auch eine Erhöhung der Zulässigkeit im Vergleich zur manuellen Bearbeitung, da subjektive Fehler, die z. B. beim mehrfachen Übertragen der Daten oft entstehen, weitestgehend ausgeschlossen werden.

3. Verbindung der Insellösungen

Im Bild 2 wird ein Überblick über den Einsatz des CAD-Systems bei der Projektierung und Konstruktion von MSR-Anlagen gegeben. Die vorgestellten Insellösungen können sowohl einzeln als auch als Einheit genutzt werden.
Für die Nutzung als ein geschlossenes System wird zur Zeit die Software für die rechentechnische Auswertung der FSP und die Übergabe der Daten an den Konstruktionsarbeitsplatz entwickelt.
Im Anschluß an die quasigrafische Erstellung der FSP durch den Projektanten werden die konstruktiven Daten (Einbauorte, Potentialbezeichnungen) eingetragen. Das Eintragen dieser Angaben erfolgt im Dialog mit dem Rechner. Dabei wird eine Prüfung auf Vollständigkeit der Angaben und syntaktische Fehler durchgeführt.
Der so aufbereitete FSP wird rechentechnisch ausgewertet, d. h., alle bereits vorhandenen Angaben zu den einzelnen Klemmstellen (ZER, Potential, Einbauort, Klemmenbezeichnung) werden zusammengestellt und auf einer Diskette abgespeichert.
Das Format der Datensätze ist so angelegt, daß sie unmittelbar im Konstruktionsarbeitsplatz verarbeitet werden können. Die Übernahme und Verarbeitung der Datensätze erfolgt ebenfalls im Dialog. Damit entfällt ein erheblicher Anteil an Handeingaben am Konstruktionsarbeitsplatz.

4. Hardware

Der Konstruktionsarbeitsplatz nutzt einen serienmäßigen BC A5120/A5130 mit einem Seriendrucker und Minidiskettenlaufwerken sowie das Betriebssystem UDOS.
Für die quasigrafische Bildschirmsteuerung wird eine ABS K 7029.11 eingesetzt. Als Drucker kommen die grafikfähigen Typen (1154G/1157.269) in Frage.
Mit dieser Hardwarekonfiguration können auch alle Funktionen des Konstruktionsarbeitsplatzes ausgeführt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit der Verbindung der beiden Insellösungen wird ein weiterer Beitrag zu einer geschlossenen Lösung für die Erstellung und konstruktive Auswertung von FSP mit dem Bürocomputer geleistet. Weiterhin wird in diesem Zusammenhang an einem Verfahren zur rechnergestützten ZER-Belegung gearbeitet. Die vorgestellte Lösung ist Bestandteil eines komplexen CAD-Systems zur rechnergestützten Projektierung von Automatisierungsanlagen, das im IHK der TH Leipzig entwickelt wird. Zu gegebener Zeit wird über weitere Module und das Gesamtsystem berichtet.

Literatur

[1] *Bennewitz, W.; Leipold, R.:* Rechnergestütztes Anfertigen von Verdrahtungsunterlagen. rd, Berlin 22 (1985) 3, S. 28–29.
[2] *Urban, B.:* Quasigrafischer Projektierungsarbeitsplatz auf Basis des Bürocomputers A 5120/A 5130. NTB, Berlin 28 (1984) 6, S. 174–176.
[3] *Bennewitz, W.; Schmiele, J.:* Einige Gedanken zur Einführung von CAD-Arbeitsplätzen in der Anlagenautomatisierung, msr, Berlin 26 (1983) 12, S. 690–693.
[4] *Bennewitz, W.; Hoppe, T.:* Arbeitsplatz „Rechnergestützte Konstruktion" — eine Pilotlösung auf dem Weg zur rechnergestützten Projektierung im Automatisierungsanlagenbau. msr, Berlin 28 (1985) 10, S. 465–468.
[5] KAPV 22–30–14/1. VEB GRW Teltow 1984.
[6] KAPV 22–30–11/1. VEB GRW Teltow 1985.

msr 8412

E. Liß

Induktives Lernen kognitiv-logischer Gedächtnisstrukturen für intelligente Automaten (Teil II)[1]

Definition 6: Die empirische *Aussage einer bedingten Relation* $c_x\dot{\alpha}_c c_y$ wird mit dem Symbol r_c identifiziert. Sie entspricht der semantischen Information der erworbenen Kenntnis. Ihr erlerntes Prädikat $\dot{\alpha}_c$ bezeichnet (als Relationskennzeichen) den relationalen Operator der Proposition $\dot{\alpha}_c(c_x, c_y)$:

$$r_c = c_x\dot{\alpha}_c c_y = \dot{\alpha}_c(c_x, c_y) .$$

Die verifizierten Invarianten c_x und c_y werden gemäß $\dot{\alpha}_c$ aufeinander bezogen. Dabei bezeichnet $\dot{\alpha}_c$ die empirisch hergestellte Verbindung als konditionierte Assoziation von c_x zu c_y.
Wenn mehrere gerichtete Assoziationen $\dot{\alpha}_c$ eine gemeinsame Bezugsinvariante c_y haben, stellen sie konvergierende bedingte Relationen dar, die logisch verknüpft sind [16]. *Bedingte logische Relationsverknüpfungen* lassen sich durch Konditionierung von Assoziationen für kognitive OR- oder AND-Knoten in Lernprozessen ausbilden. Die knotenspezifischen Lerndispositionen Δ_{COR} bzw. Δ_{CAND} werden für definierte kognitiv-logische Grundstrukturen (Bild 1) wie folgt ausgedrückt:

- Die disjunktive Lerndisposition $\Delta_{COR} = (\alpha_1, \ldots, \alpha_i, \ldots, \alpha_N)$ eines kognitiven OR-Knotens „COR" ermöglicht die Ausbildung einer bedingten Disjunktion für den allgemeinen Begriff c'_B. Sie ist die konzeptionelle Lernanlage für die disjunktiv verknüpften bedingten Relationen $r_1 \vee \ldots \vee r_i \vee \ldots \vee r_N = \bigvee_i r_i$ mit der gemeinsamen Bezugsinvariante c'_B (als Deskriptor).
Die induktiv erlernten Merkmale für c'_B sind die *disjunkten Merkmale* $c_i \mid \dot{\alpha}_i$. Sie werden durch konditionierte Assoziationen $\dot{\alpha}_i$ für die bedingten Relationen $r_i = \dot{\alpha}_i(c_i, c'_B)$, $i = 1, \ldots, N$, definiert. Die Merkmalsdisjunktion des disjunktiv verallgemeinerten Begriffs c'_B ist äquivalent zu der bedingten Relationsdisjunktion $\bigvee_i r_i$:
$$[(c_1 \mid \dot{\alpha}_1) \vee \ldots \vee (c_i \mid \dot{\alpha}_i) \vee \ldots \vee (c_N \mid \dot{\alpha}_N)] = \bigvee_i (c_i \mid \dot{\alpha}_i) \Leftrightarrow \bigvee_i r_i = \bigvee_i [\dot{\alpha}_i (c_i, c'_B)] .$$
Durch disjunktive Einbeziehung erlernter Merkmale wird die bedingte logische Funktion für c'_B erweitert:
$$c'_B = c_B \vee \ldots \vee \bigvee_i (c_i \mid \dot{\alpha}_i) , \qquad c'_B \leftarrow \bigvee_i (c_i \mid \dot{\alpha}_i) .$$
- Die konjunktive Lerndisposition $\Delta_{CAND} = (\alpha'_1, \ldots, \alpha'_i, \ldots, \alpha'_N)$ eines kognitiven AND-Knotens „CAND" ermöglicht die Ausbildung einer bedingten Konjunktion für den abstrakten Begriff c_{Ba}.
Sie ist die konzeptionelle Lernanlage für die konjunktiv verknüpften bedingten Relationen $r'_1 \wedge \ldots \wedge r'_i \wedge \ldots \wedge r'_N = \bigwedge_i r'_i$ mit der gemeinsamen Bezugsinvariante c_{Ba} (als Identifikator).
Die induktiv erlernten Merkmale für c_{Ba} sind die *konjunkten Merkmale* $c_i \mid \dot{\alpha}'_i$. Sie werden durch konditionierte Assoziationen $\dot{\alpha}'_i$ für die bedingten Relationen $r'_i = \dot{\alpha}'_i (c_i, c_{Ba})$, $i = 1, \ldots, N$, definiert. Die Merkmalskonjunktion des ausgebildeten konjunktiven Begriffs c_{Ba} ist äquivalent zu der bedingten Relationskonjunktion $\bigwedge_i r'_i$:
$$c_{Ba} = [(c_1 \mid \dot{\alpha}'_1) \wedge \ldots \wedge (c_i \mid \dot{\alpha}'_i) \wedge \ldots \wedge (c_N \mid \dot{\alpha}'_N)] = \bigwedge_i (c_i \mid \dot{\alpha}'_i) \Leftrightarrow \bigwedge_i r'_i$$
$$c_{Ba} \Leftrightarrow \bigwedge_i r'_i = \bigwedge_i [\dot{\alpha}'_i(c_i, c_{Ba})] .$$
Zur Definition von c_{Ba} gilt die Bedingung, daß mindestens eine konditionierte Assoziation $\dot{\alpha}'_i$ für r'_i hergestellt sein muß. Aufgrund der Implikation $c_{Ba} \rightarrow c'_B$ wird c_{Ba} als abstrahierter Unterbegriff von c'_B aufgefaßt und in die erweiterte Disjunktion des konjunktiv verallgemeinerten Oberbegriffs c'_B einbezogen:
$$c'_B = c_B \vee \ldots \vee c_{Ba} = c_B \vee \ldots \vee \bigwedge_i (c_i \mid \dot{\alpha}'_i) ,$$
$$c'_B \leftarrow \bigwedge_i (c_i \mid \dot{\alpha}'_i) .$$

Die disjunktive Normalform mit einbezogener Merkmalskonjunktion c_{Ba} entspricht der logischen Konzeptformation in [19, Satz 19].

Definition 7: Der aktuelle Wahrheits- oder Wahrscheinlichkeitswert einer konditionierten Assoziation $\dot{\alpha}_c$ wird mit dem empirischen Relationsgewicht G_c ausgedrückt. Als gedächtnisrelevant gespeicherter *Assoziationsindex* bestimmt G_c den Kenntnisgrad einer erfaßten Beziehung oder ein Merkmalsgewicht. Der Wert von G_c entspricht dem Konditionierungsgrad, Ausbildungsgrad oder Effektivierungsgrad der Assoziation α_c, z.B. für die graduelle Wahrscheinlichkeitsbindung gemäß der „Gewohnheitsstärke" (nach *Hull* [39, S. 86]).
Die Auswahl eines speicherbaren Evidenzwertes für G_c ist abhängig vom Resultat einer Konnexanalyse zur Erfassung des Zusammenhangs, dessen Äquivalent die bedingte Relation r_c ist (vgl. Definitionen 9 und 10):

- $G_c = 0$ bedeutet „keine Verbindung" $= \bar{\alpha}_c$, d. h. die abgebaute oder negierte Relation $\bar{r}_c$, weil $G_c \cdot r_c = \bar{r}_c$ und $\bar{r}_c \Leftrightarrow \bar{\alpha}_c$
- $0 < G_c < 1$ bedeutet „graduelle Verbindung" $= \tilde{\alpha}_c$, d. h. die *unscharfe Relation* $\tilde{r}_c$ als keine „völlig" aufgebaute oder abgebaute Relation, weil $G_c \cdot r_c = \tilde{r}_c$ und $\tilde{r}_c \Leftrightarrow \tilde{\alpha}_c$
- $G_c = 1$ bedeutet „Verbindung hergestellt" $= \dot{\alpha}_c$, d. h. die aufgebaute oder bedingte Relation r_c, weil $G_c \cdot r_c = r_c$ und $r_c \Leftrightarrow \dot{\alpha}_c$.

Im Fall eines binären Relationsgewichts G_c mit den Evidenzwerten 0 und 1 wird die bedingte Relation r_c infolge hinreichender Konditionierung abrupt aufgebaut.
Dagegen kann der graduelle Beziehungsaufbau bzw. -abbau im Fall eines nichtbinären Relationsgewichts $G_c = 0, \ldots, 1$ eine „partiell evidente" unscharfe Relation $\tilde{r}_c$ zur Folge haben.
Die binäre Logik beschreibt Wissensstrukturen mit sicher aufgebauten Relationen, die durch Regeln oder Funktionen ausgedrückt werden können.
Unsicheres Wissen aufgrund bedingter Verknüpfungen mit unscharfen Relationen $\tilde{r}_c$ ist durch die Fuzzy-Logic oder Wahrscheinlichkeitslogik [9] formulierbar. Die begrifflichen „unscharfen Klassen" (fuzzy clusters) entsprechen den Büscheln unscharfer Relationen, die zu gemeinsamen Bezugsinvarianten (z.B. $c_y = c'_B$) konvergieren. Sie können mit Zugehörigkeitsfunktionen der disjunkten Elemente von Objektmengen beschrieben werden [36]. Den Elementen einer unscharfen Menge (aufgefaßt als Klasse) sind abgeschätzte Enthaltenseinswerte zuordenbar, die statistisch ermittelt oder näherungsweise berechnet wurden. Dadurch können unscharfe Begriffsklassen als charakteristische Funktionen von Fuzzy-Systemen ausgedrückt werden (*Zadeh* 1978).

Definition 8: Die kognitive Logik vollzieht bedingte logische Verknüpfungen, die auf bedingten Relationen ($G_c = 1$) und möglicherweise auch unscharfen Relationen ($0 < G_c < 1$) beruhen.

- Die *unscharfe Disjunktion* der gewichteten Invarianten $G_i \cdot c_i$ mit $0 < G_i \leqq 1$ beschreibt eine unscharfe Begriffsklasse $[\tilde{c}_i] \mid G_i$ für einen unscharfen disjunktiven Begriff (Oberbegriff). Ihr Symbol c'_B ist die gemeinsame Bezugsinvariante der disjunkten (bedingten oder unscharfen) Relationen $r_i = \dot{\alpha}_i(c_i, c'_B$ bzw. $\tilde{r}_i = \tilde{\alpha}_i(c_i, c'_B)$, $i = 1, \ldots, N$:
$$c'_B = [\tilde{c}_i] = \tilde{\bigvee_i} (G_i \cdot c_i) \Leftrightarrow \tilde{\bigvee_i} [(c_i \mid \dot{\alpha}_i) \vee (c_i \mid \tilde{\alpha}_i)] ,$$
$$c'_B \leftarrow \tilde{\bigvee_i} [r_i \vee \tilde{r}_i] = \tilde{\bigvee_i} [\dot{\alpha}_i(c_i, c'_B) \vee \tilde{\alpha}_i(c_i, c'_B)] .$$
- Die *unscharfe Konjunktion* der gewichteten Invarianten $G'_i \cdot c_i$ mit $0 < G'_i \leqq 1$ beschreibt einen unscharfen konjunktiven Begriff $c_{Ba} = (c_1, \ldots, c_i, \ldots, c_N) \mid (G'_1, \ldots, G'_i, \ldots, G'_N)$. Das Symbol c_{Ba} ist die gemeinsame Bezugsinvariante der konjunkten (bedingten oder unscharfen) Relationen $r'_i = \dot{\alpha}'_i(c_i, c_{Ba})$ bzw. $\tilde{r}'_i = \tilde{\alpha}'_i (c_i, c_{Ba})$, $i = 1, \ldots, N$:
$$c_{Ba} = \tilde{\bigwedge_i} (G'_i \cdot c_i) \Leftrightarrow \tilde{\bigwedge_i} [(c_i \mid \dot{\alpha}'_i) \vee (c_i \mid \tilde{\alpha}'_i)] ,$$
$$c_{Ba} \Leftrightarrow \tilde{\bigwedge_i} [r'_i \vee \tilde{r}'_i] = \tilde{\bigwedge_i} [\dot{\alpha}'_i(c_i, c_{Ba}) \vee \tilde{\alpha}'_i(c_i, c_{Ba})] .$$

Die Berechnung der unscharfen Disjunktion oder Konjunktion ist durch schwellwertabhängige Bewertung von einfachen bzw.

[1]) Teil I erschien im Heft 9/1986.

normierten Summen der gewichteten Merkmalsbits $c_i \in \{0, 1\}$ möglich [20.3] [20.4] [20.8] bis [20.17]:

$$\widetilde{\bigvee_i} (G_i \cdot c_i) = c'_B = \begin{cases} 1 & \text{wenn} \quad K \geqq (\sum_{i=1}^{N} G_i \cdot c_i) \geqq \beta\,, \\ & \qquad 1 \geqq \beta > 0 \\ 0 & \text{andernfalls} \end{cases}$$

$$\widetilde{\bigwedge_i} (G'_i \cdot c_i) = c_{Ba} = \begin{cases} 1 & \text{wenn} \quad 1 \geqq \left(\frac{1}{K} \sum_{i=1}^{N} G'_i \cdot c_i\right) \geqq \gamma\,, \\ & \qquad 1 \geqq \gamma > 0 \\ 0 & \text{andernfalls}\,. \end{cases}$$

Die Zahl K ist die Anzahl aller in die bedingte Verknüpfung für c'_B bzw. c_{Ba} einbezogenen Invarianten c_i, denen positive empirische Relationsgewichte G_i bzw. G'_i zugeordnet wurden, die ungleich 0 sind.

Wenn eine einzelne Komponente c_i eines Merkmalsvektors $c_{Ba} = (c_1, \dots, c_i, \dots, c_N)$ selbst eine „interne" Disjunktion $\bigvee_r c_{ir}$ oder eine unscharfe Klasse $[\tilde{c}_{ir}]$ von gewichteten Werten c_{ir} ist, dann wird sie als „streuendes" Merkmal definiert:

$$c_i = \bigvee_r c_{ir} \Leftrightarrow [c_{ir}] = x_i$$

als Deskriptor (Domäne X_i mit $c_{ir} \in X_i$)

oder

$$c_i = [\tilde{c}_{ir}] = \widetilde{\bigvee_r} (G_{ir} \cdot c_{ir})\,, \qquad r = 0, 1, \dots, N_i\,,$$

$$0 \leqq G_{ir} \leqq 1\,.$$

Ein unscharfer Begriff c_{Ba} mit streuenden Merkmalen c_i wird mit der baumartig verzweigten Verknüpfung der *allgemeinen unscharfen Merkmalskonjunktion* beschrieben [19]:

$$c_{Ba} = \widetilde{\bigwedge_i} (G'_i \cdot c_i) = \widetilde{\bigwedge_i} (G'_i[\tilde{c}_{ir}]) = \widetilde{\bigwedge_i} [G'_i \widetilde{\bigvee_r} (G_{ir} \cdot c_{ir})]\,,$$

$$i = 1, \dots, N\,.$$

Ein mit diesem c_{Ba} verallgemeinerter unscharfer Begriff c'_B enthält als „bedingt eingeführte" Alternative die einbezogene unscharfe Merkmalskonjunktion für c_{Ba}:

$$c'_B = c_B \vee \dots \vee \widetilde{\bigvee_i} (G_i \cdot c_i) \vee c_{Ba} =$$

$$= c_B \vee \dots \vee \widetilde{\bigvee_i} (G_i \cdot [\tilde{c}_{ir}]) \vee \widetilde{\bigwedge_i} (G'_i \cdot [\tilde{c}_{ir}])\,.$$

Die unscharfe Disjunktion der unscharfen Merkmalskonjunktionen c_{Ba} für einen induktiv formierten allgemeinen Begriff c_j ist die unscharfe logische Funktion $\tilde{L}_j$. Sie entspricht der *unscharfen disjunktiven Normalform* zur Beschreibung der in [19] definierten Konzeptformation:

$$c_j = \tilde{L}_j = \widetilde{\bigvee_a} (G_a \cdot c_{Ba}) = \widetilde{\bigvee_a} [G_a \widetilde{\bigwedge_i} (G'_i \widetilde{\bigvee_r} (G_{ir} \cdot c_{ir}))_a]\,,$$

$$a = 1, \dots, N_B\,.$$

Zur graduellen Beschreibung von bedingten oder unscharfen Relationen in induktiv ausgebildeten Begriffsstrukturen dienen die empirischen Relationsgewichte G_c. Sie werden für kurz- oder langzeitig gültige (gespeicherte) Assoziationen als evidente Assoziationsindizes G_c bestimmt ($0 < G_c \leqq 1$).

Beispiele für zeitweilig invariante formale Ausdrücke konditionierter Assoziationen $\dot{\alpha}_c \mid (G_c = 1)$ sind gespeicherte Relationskennzeichen (relationale Invarianten), Symbole für hergestellte Merkmalsbindungen, Operatoren für bedingte Beziehungen oder kenntnisspezifische Marken (z.B. flags). Zur programmtechnischen Definition von empirischen Relationen dienen variabel bewertbare Statements, z.B. relationale Selektoren [37], Propositionen oder prädikative Terme für Relationen [18]. Mit variablen Zeigern ist die alternative Verbindung von adressierten Daten möglich, die in funktionellem Zusammenhang stehen (vgl. Pointerkonzept moderner Programmiersprachen für veränderliche Strukturbeschreibungen).

Die empirischen Relationsgewichte G_c sind als speicherbare Größen technisch darstellbar. *Relationale Invarianten* sind bestimmte Relationskennzeichen oder Assoziationsindizes, die durch kenntnisspezifische Zustände von Speicherzellen oder Flipflops gespeichert werden können. Erlernte *inkrementale Konnexionen* für unscharfe oder bedingte Relationen lassen sich mittels geänderter Leitwerte, steuerbarer Widerstände oder mit Effektivitätsgraden variierbarer Kopplungen realisieren. Beispiele hierfür sind aktivierbare Transmitter „kognitiver Relatoren", die synaptische Verbindungen zwischen Neuronen modellieren (vgl. Definition 11).

3. Induktiver Lernmechanismus für selbststrukturierende Gedächtnissysteme mit kognitiver Logik

Der Kenntniserwerb durch Verallgemeinerung ist charakteristisch für induktives Lernen. Er resultiert aus der subjektiven Erfassung des Ereigniszusammenhangs beobachteter Situationen. Die durch Verallgemeinerung gewonnene Erfahrung ist die erworbene (Er-)Kenntnis und bedeutet den empirischen Wissenszuwachs des lernenden Systems. Infolge des (einmalig oder mehrmalig) beobachteten Neben- oder Nacheinanders der begrifflich vereinbarten Signalereignisse für Sachverhalte können Kausalitätsbeziehungen erfaßt werden. Eine induktiv erlernte Relation (r_c) wird in Form der gerichteten Verbindung (Assoziation $\dot{\alpha}_c$) vom Konkret-Einzelnen oder Besonderen (c_x) zum Abstrakt-Allgemeinen (c_y) dargestellt (Bild 1). Sie ermöglicht die induktive Inferenz (d. h. den hypothetischen Schluß) vom erkannten Besonderen zum bedingt zugeordneten Allgemeinen, das begrifflich erweitert gilt.

Die situationsbedingte Selbststrukturierung, d. h. das strukturelle Lernen, eines kognitiv-logischen Gedächtnissystems beruht auf dem Grundprozeß des empirischen Beziehungsaufbaus bzw. -abbaus zwischen begrifflich vereinbarten Invarianten im Rahmen der strukturellen Lerndisposition.

Der im folgenden erläuterte Lernmechanismus dient zur Simulation des induktiven Kenntniserwerbs durch verallgemeinernde Zusammenhangserfassung für eine bedingte Relation r_c (mittels der konditionierten Assoziation $\dot{\alpha}_c$):

$$r_c = \dot{\alpha}_c(c_x, c_y) = c_x \dot{\alpha}_c c_y\,.$$

Die aufeinander beziehbaren Invarianten c_x und c_y stellen (als Daten, Deskriptorwerte, Ereignissymbole oder Signalwerte) aktuelle Aussagen über Objekt- oder Situationseigenschaften dar (s. Abschn. 1.1.).

Nach Definition 2 muß für eine konditionierbare Assoziation α_c zwecks Erlernens der bedingten Relation r_c eine spezielle oder allgemeine Koinzidenzbedingung SCC bzw. GCC definiert sein (vgl. Abschn. 1.2.). Im Fall der allgemeinen Koinzidenzbedingung drückt die logische Konjunktion $c_x \wedge c_y$ das beobachtete Neben- oder Nacheinander (d. h. das logische Produkt) der Funktions- oder Signalwerte aus, die den Ereignissymbolen c_x und c_y entsprechen. Das entdeckte *Koinzidenzereignis* $c_x c_y$ resultiert aus der quasigleichzeitigen Verifikation von c_x und c_y. Es wird mit dem Evidenzwert 1 eines binären Koinzidenzsignals $s_c(t)$ ausgedrückt, das ein Produkt der binären Signale $c_x(t)$ und $c_y(t)$ ist:

$$s_c(t) = c_x(t) \cdot c_y(t)$$

oder diskret

$$s_c(\tau_p) = c_x(\tau_p) \cdot c_y(\tau_p)\,, \qquad p = 1, \dots, Z\,.$$

Das „kausale Begreifen" von c_x als Ursache, Grund oder Prämisse für die Wirkung, Folgerung bzw. Konklusion c_y bedeutet das „Erfassen der Kausalitätsbeziehung" für die funktionelle Zuordnung $c_x \to c_y$. Ausgehend von einer speicherbaren Vorbedingung c_x oder $c_x \wedge \bar{c}_y$ wird die *Reihenfolgekoinzidenz* als zeitliche Aufeinanderfolge c_x, c_y bzw. $(c_x \wedge \bar{c}_y)$, c_y beobachtet [20.16].

Die subjektiv bewertete Koinzidenzdauer oder -häufigkeit ist ein maßgebliches Kriterium für die Konditionierung einer empirischen Assoziation zwischen verbindbaren Begriffsereignissen (vgl. neurophysiologische Konditionierungsexperimente und Dressurmethoden für bedingte Reaktionen [6]).

Definition 9: Das induktive Erfassen eines beobachteten Ereigniszusammenhangs erfolgt durch die *subjektive Konnexanalyse* aufgrund der Koinzidenzbedingung, die für eine adäquat konditionierbare Assoziation α_c hinreichend erfüllt sein muß. Die maßgebliche Grundoperation ist die zeitliche und/oder häufigkeitsmäßige Bewertung (Evaluation) der im Beobachtungszeitraum entdeckten Koinzidenzereignisse. Dadurch wird das korrigierende Ausfiltern oder Unterdrücken von zu kurzzeitigen, gestörten oder irrelevanten (zufälligen) Koinzidenzereignissen erreicht. Das Bewertungsergebnis der Konnexanalyse im Zeitintervall T ist das real ermittelte oder statistisch abgeschätzte *Konnexmaß* k_c (als Korrelat von $c_x \cdot c_y$).

Das Konnexmaß k_c hat den Charakter eines empirischen Mittelwerts oder Erfahrungswerts. Es gilt als Maß für den Grad des Zusammenhangs oder die Gewohnheitsstärke der relativen Ereigniszuordnung einer erfaßbaren Beziehung [39, S. 27 u. 86]. Seine Ermittlung im Zeitintervall T erfolgt entweder kontinuierlich (z.B. durch integrative Bewertung eines Koinzidenzsignals $s_c(t)$) oder diskret für ausgewählte Zeitpunkte τ_p, $p = 1, 2, \dots, Z$ (z.B. durch statistische Abschätzung von Beobachtungsergebnissen $s_c(\tau_p)$). Das Konnexmaß k_c kann als Funktion der bewerteten Dauer oder relativen Häufigkeit der entdeckten (detektierten) Koinzidenzereignisse ausgedrückt werden. Seine Größe dient zur wertmäßigen Bestimmung eines erfahrungsgemäßen Assoziationsindex G_c (vgl. Definition 10).

Beispielsweise ist k_c einem *Produktmittelwert* $\bar{s}_c$ proportional, der die mittlere erfahrungsgemäße Erfüllung der Koinzidenzbedingung $c_x \wedge c_y$ im Zeitintervall T ausdrückt:

$$k_c = K \cdot \bar{s}_c\,, \qquad K \leqq 1\,.$$

- Ein statistischer Produktmittelwert $\overline{s_c(\tau_p)} = \overline{c_x(\tau_p) \cdot c_y(\tau_p)}$ definiert das *abgeschätzte Konnexmaß* $\tilde{k}_c$ als Resultat der diskreten Konnexanalyse für die Zeitpunkte τ_p:

$$\tilde{k}_c := \overline{s_c(\tau_p)} = \frac{1}{Z} \sum_{p=1}^{Z} s_c(\tau_p) = \frac{1}{Z} \sum_{p=1}^{Z} [c_x(\tau_p) \cdot c_y(\tau_p)] .$$

- Ein integrativer Produktmittelwert $\overline{s_c(t)} = \overline{c_x(t) \cdot c_y(t)}$ definiert das *ermittelte Konnexmaß* k_c als Resultat der kontinuierlichen Konnexanalyse, die alle Koinzidenzereignisse $|s_c(t)| = 1$ im Zeitintervall T integriert und mit der Zeitkonstante T ins Verhältnis setzt:

$$k_c := \overline{s_c(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T s_c(t)\, dt = \frac{1}{T} \int_0^T c_x(t) \cdot c_y(t)\, dt \leqq 1 .$$

Der Produktmittelwert $\overline{s_c(t)}$ entspricht einem besonderen Kreuzkorrelat der beiden Signalverläufe $c_x(t)$ und $c_y(t)$ im Intervall T, wobei die zeitliche Verschiebung zwischen den binären Signalen $c_x(t)$ und $c_y(t)$ nur in definierten Grenzen zugelassen werden kann [38].

Außer der Ermittlung der relativen Koinzidenzhäufigkeit für k_c kann die *Koinzidenzdauerkontrolle* durchgeführt werden. In diesem Fall muß geprüft werden, ob während der geforderten Mindestkoinzidenzdauer $T_\varepsilon \leqq T$ bis zum Zeitpunkt $t = \tau_\varepsilon$ das Koinzidenzsignal $s_c(t) = 1 = \text{const.}$ war. Diese Bedingung ist nur dann erfüllt, wenn $\overline{s_c(t)}$ einen Schwellwert ε_c zum Zeitpunkt τ_ε erreicht.

Wegen zu kurzer oder ungenügender Koinzidenzdauer bzw. -häufigkeit, z.B. in Fällen gestörter oder ausbleibender (nicht gesetzmäßiger) Koinzidenzereignisse, muß das Konnexmaß k_c korrigiert, wertmäßig verringert oder auf 0 rückgestellt werden. Durch den Vergleich von Beträgen der zeitabhängigen Größen $k_c(t)$ und $s_c(t)$ ist der Grad der Verminderung oder Rückstellung des Wertes für $k_c(t)$ bestimmbar:

$$k_c(t) := \frac{1}{T} \int_0^T s_c(t)\, dt , \quad \text{wenn} \quad |s_c(t)| \geqq |k_c(t)|$$

und z.B.

$$k_c := 0 , \quad \text{wenn} \quad |s_c(t)| < |k_c(t)| \quad \text{oder wenn} \quad s_c(t) = 0 .$$

Mit einem *Abschwächungsfaktor* B und dem *Aktivierungsfaktor* C kann die folgende diskrete Wertberechnung durchgeführt werden:

$$k_c(\tau_p) - k_c(\tau_{p-1}) = B \cdot C \cdot (s_c(\tau_p) - k_c(\tau_{p-1})) ,$$

$$k_c(\tau_p) = (1 - B \cdot C) \cdot k_c(\tau_{p-1}) + B \cdot C \cdot s_c(\tau_p) ,$$

$$0 \leqq B < 1 , \qquad 0 \leqq C \leqq 1 .$$

$B = B(I_2)$ ist eine Steuergröße der Konnexanalyse, z.B. abhängig von I_2 (vgl. Steuereingang I_2 im Bild 4). Sie entspricht der variabel definierbaren Zeitkonstante T der Konnexbewertung (in CE), die situations- oder motivationsabhängig (z.B. durch Trägheitsfaktoren) eingestellt wird. $B \ll 1$ bedeutet eine große Zeitkonstante.

$C = C(I_3)$ ist eine Steuergröße der Konnexanalyse, z.B. abhängig von I_3 (vgl. Steuereingang I_3 im Bild 4). I_3 dient der zeitlichen Aktivierung, Hemmung oder Taktierung der Koinzidenzdetektion (in CD, vgl. Definition 11).

Definition 10: Der Kenntnisgrad einer beobachteten Beziehung wird durch ein empirisches Relationsgewicht definiert und mit einem gespeicherten *Assoziationsindex* G_c ausgedrückt (vgl. Definition 7). Er resultiert aus der diskriminanten (z.B. schwellwertmäßigen) oder funktionalen (z.B. nichtlinearen) *Beurteilung des ermittelten Konnexmaßes* k_c. Der aktuelle Wert von G_c bestimmt den Grad des erfahrungsgemäßen Beziehungsaufbaus oder -abbaus in der kognitiv-logischen Gedächtnisstruktur; z.B.:

- wenn $1 \geqq k_c \geqq \varepsilon_c > 0$, dann $G_c := 1$ und $\dot{\alpha}_c$
  Die bedingte Relation r_c wird völlig aufgebaut und kurz- oder langzeitig gespeichert (d. h. Kenntniserwerb unter einer Aufmerksamkeits- oder Motivationsbedingung). Eine bereits gespeicherte bedingte Relation r_c wird bekräftigt (d. h. Konsolidierung der erworbenen Kenntnis).
- wenn $0 \leqq k_c < \delta_c \leqq \varepsilon_c$, dann $G_c := 0$ möglich.
  Die bedingte Relation r_c wird nur dann abgebaut oder negiert ($\bar{r}_c$), wenn ihre Speicherung nicht mehr gewährleistet werden soll oder kann (d. h. Kenntnisverlust nach Kurzzeitspeicherung und ausbleibender Bekräftigung).
- wenn $\delta_c \leqq k_c < \varepsilon_c$, dann $0 < [G_c = f(k_c)] < 1$ möglich
  Die partiell evidente „unscharfe" Relation $\tilde{r}_c$ gilt als „noch nicht völlig" aufgebaute bzw. abgebaute Relation (d. h. unscharfe Kenntnis), wenn der graduelle Beziehungsaufbau oder -abbau zugelassen ist.

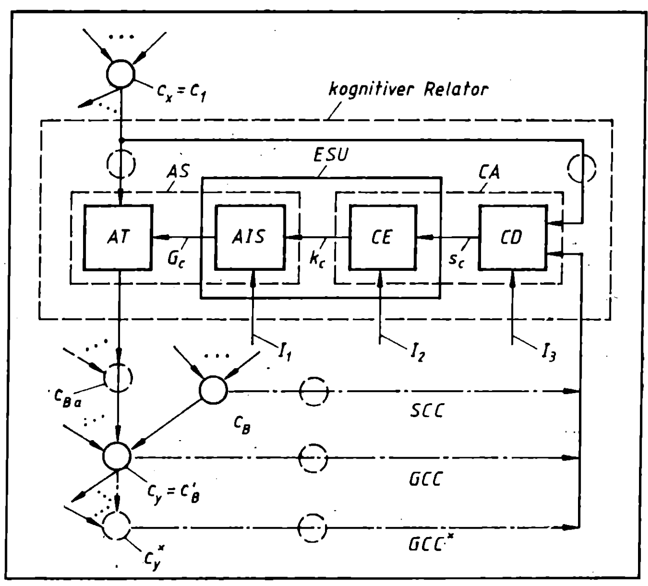


Bild 4. Verbindungsschema eines kognitiven Relators für eine konditionierbare Assoziation $\alpha_c(c_x, c_y)$

AS Assoziator mit aktivierbarem Transmitter AT und Assoziationsindexspeicher AIS; CA Konnexanalysator mit Koinzidenzdetektor CD und Konnexevaluator CE; ESU (evaluating storage unit) Bewertungs- und Speichereinheit; weitere Bezeichnungen sind im Text erklärt

—·—·—·→ mögliche Verbindung gemäß der Koinzidenzbedingung SCC oder GCC;

—(-)→ möglicher Zwischenknoten, z. B. Gatter, Negator oder Treiber

Die Schwellwerte ε_c und δ_c oder die funktionellen Parameter der nichtlinearen Beurteilung von k_c können zeit-, zustands- oder motivationsabhängig variiert, eingestellt oder ausgewählt werden (vgl. Steuereingang I_1 im Bild 4). Die Funktion $G_c = f(k_c)$ für eine graduell aufbaubare bzw. abbaubare Relation r_c wird durch folgende Berechnungsmöglichkeiten beispielsweise mit dem *Beurteilungsfaktor* A definiert:

$$G_c(t) = A \cdot k_c(t)$$

oder

$$G_c(\tau_p) = G_c(\tau_{p-1}) + A \cdot k_c(\tau_p)$$

mit z.B.

$$A(I_1) = D \cdot (I_1(\tau_p) - I_1(\tau_{p-1})) .$$

$A(I_1)$ ist eine Steuergröße der Konditionierung, z.B. abhängig von $I_1(t)$ (vgl. Signal des Steuereingangs I_1 im Bild 4). Zwecks motivations- oder effektabhängiger Veränderung des empirischen Relationsgewichts G_c kann die Beurteilung von k_c mit $I_1(t)$ und dem Faktor D gesteuert werden. Dabei entspricht $I_1(t)$ einem rückgekoppelten Bewertungsergebnis zur fördernden oder hemmenden Beeinflussung der Konditionierung der Assoziation $\dot{\alpha}_c$ (analog Motivation im Lernprozeß). Die Suche des optimalen Assoziationsindex G_c im Problemraum erfolgt nach dem Bestätigungsprinzip des effektabhängigen Lernens. Der korrigierende Beurteilungsfaktor $A(I_1)$ kann als Funktion eines motivationalen Wertungs- oder Belohnungssignals $I_1(t)$ ausgedrückt werden.

4. Kognitiv-logische Strukturen zum maschinellen Lernen

4.1. *Kognitiver Relator für eine konditionierbare Assoziation*

Eine „kenntniserwerbende" Assoziations- oder Koppeleinheit mit induktiver Lernfähigkeit zur Konditionierung einer empirischen Assoziation $\dot{\alpha}_c$ ist ein kognitiver Relator [20.4] [20.11] und [20.17]. Durch selbständige Bestimmung und Speicherung seines Assoziationsindex G_c vollzieht er den graduellen oder abrupten Aufbau bzw. Abbau der bedingten Relation $r_c = \dot{\alpha}_c(c_x, c_y)$. Sein induktiver Lernmechanismus ermöglicht die situationsabhängige Ausbildung bedingter Verknüpfungen durch kognitiv-logische Selbststrukturierung im Rahmen einer Lerndisposition. Der kognitive Relator stellt aufgrund der verallgemeinernden Zusammenhangserfassung infolge seiner Konnexanalyse die „erlernte" Wirkverbindung zwischen dem Relatoreingang (c_x) und Relatorausgang (c_y) her. Sein strukturbildendes Verhalten ähnelt den gedächtnisrelevanten Wirkungsgradverstellungen synaptischer Verbindungen oder konditionierbarer Zellmembranbezirke der plastischen Neuronen des Zentralnervensystems [6].

In Übereinstimmung mit konnektionistischen Lerntheorien sind kognitive Prozesse in „selbstorganisierenden" Gedächtnissystemen auf das induktive Erlernen von strukturell verteilten, em-

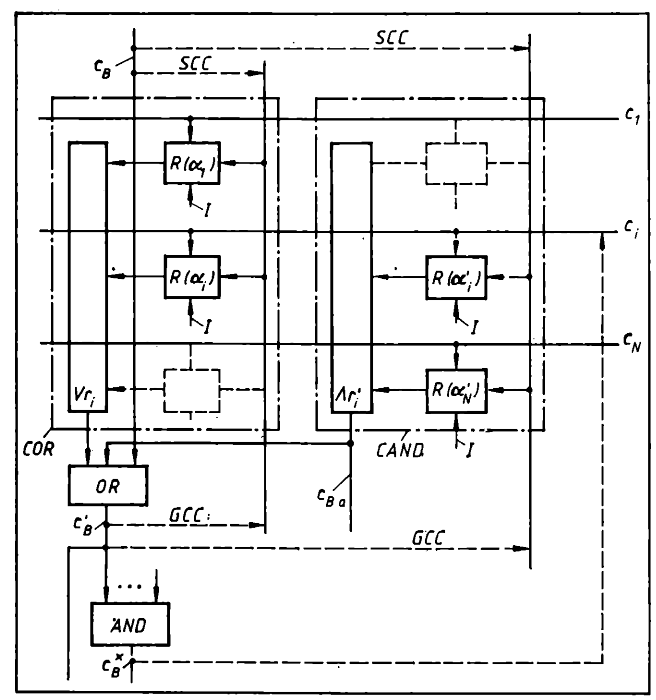


Bild 5. Prinzipbeispiel einer kognitiv-logischen Verknüpfungs- und Speichereinheit mit kognitiven Relatoren $R(\alpha_i)$ und $R(\alpha'_i)$

— —·— → mögliche Verbindung

pirischen Assoziationen zurückführbar. Durch bedingte Relationsverknüpfungen in kognitiv-logischen Strukturen können konditionierte Begriffsnetze modelliert werden [18]. Dazu dient der kognitive Relator als *assoziatives Gedächtniselement.*

Definition 11: Der kognitive Relator ist die Einheit folgender Teilglieder, die seinen induktiven Lernmechanismus bestimmen und die zu größeren Funktionseinheiten integriert werden können (s. CA, ESU und AS im Bild 4) [20.16] und [20.17]:

— Koinzidenzdetektor (CD)
  Multiplikator- oder Konjunktionsglied (z.B. Tor, AND oder Gatter) zum Generieren eines Koinzidenzsignals $s_c(t)$ bzw. $s_c(\tau_p)$ abhängig vom Neben- oder Nacheinander beobachteter Signalereignisse des primären und sekundären Relatoreingangs. Der primäre Relatoreingang für c_x kann mit einem verzögernden oder speichernden Vorbedingungsglied verbunden sein. Der mögliche Steuereingang I_3 dient zur Definition der Beobachtungszeitpunkte, der Aufmerksamkeit, Entdeckungsbereitschaft oder situationsabhängigen Vorbedingung (vgl. $C(I_3)$).
— Konnexevaluator (CE)
  Trägheits- oder Ladungsglied (z.B. RC- bzw. T-Glied, Tiefpaß, Integrator oder Arithmetikeinheit) mit mindestens einer Zeitkonstante (T bzw. B) zur Ermittlung des Konnexmaßes k_c als Resultat der zeitlichen und/oder häufigkeitsmäßigen Bewertung von s_c, z.B. auch im Vergleich mit k_c. Sein möglicher Steuereingang I_2 dient zur Parametereinstellung für die Konnexmaßberechnung, Koinzidenzdauerbewertung oder Trägheitsdefinition der Konnexanalyse (vgl. $B(I_2)$).
— Assoziationsindexspeicher (AIS)
  Speicher- oder Schaltglied mit nichtlinearer Beurteilungs- oder Diskriminatorfunktion (z.B. schwellwertabhängiger Schalter, Trigger, Flipflop, Monoflop, Zähler oder Arithmetikeinheit) zur Bestimmung und kurz- oder langzeitigen Speicherung des Assoziationsindex G_c. Sein möglicher Steuereingang I_1 dient zum (effektorientierten) Einstellen der Wertzuweisung für G_c, zur (motivationalen) Beeinflussung der Speicherungsdauer oder zum Rückstellen von G_c (vgl. $A(I_1)$).
— aktivierbarer Transmitter (AT)
  Verbindungs-, Konnektions- oder Koppelglied für mindestens eine Wirkverbindung oder einen Übertragungskanal (z.B. Tor, Gatter, Konjunktion, Transistor, steuerbarer Widerstand oder Schalter) zur Realisierung der konditionierten Assoziation $\dot{\alpha}_c$ zwischen dem Transmittereingang und -ausgang, wobei der Transmitter- oder Relatorausgang die Komponente einer bedingten logischen Verknüpfung (für c_y bzw. c_{Ba}) ist. Der Aktivierungs- oder Wirkungsgrad des Transmitters AT wird entsprechend dem empirischen Relationsgewicht G_c eingestellt und vom aktuellen Zustand oder Leitwert des Assoziationsindexspeichers AIS bestimmt [20.17].

Wie im Bild 4 prinzipiell gezeigt, kann durch entsprechende Verbindung der Relatoreingänge (des Koinzidenzdetektors CD) mit den Quellen der zu beobachtenden Invarianten c_x, c_B bzw. c_y entweder die spezielle oder die allgemeine Koinzidenzbedingung (SCC bzw. GCC) definiert werden.
Neben dem aktivierbaren Transmitter AT ist auch ein deaktivierbarer Transmitter DT für eine Basisrelation einsetzbar, die zur aufbaubaren bedingten Relation r_c antivalent ist [20.17].
Die Realisierung des kognitiven Relators, parallel zu anderen Relatoren für bedingte Verknüpfungen, wird vorzugsweise hardwaremäßig gesehen. Sie ist aber auch programmtechnisch durch diskrete Konnexanalyse (z.B. statistisch) möglich.

4.2. Kognitiv-logische Verknüpfungs- und Speichereinheiten

Die ausgangsseitige Verknüpfung mehrerer kognitiver Relatoren zu parallelen und/oder hierarchischen Einheiten für COR- oder CAND-Knoten entspricht einer strukturellen Lerndisposition. Als *induktiv lernende Gedächtnismodule* werden kognitiv-logische Verknüpfungs- und Speichereinheiten definiert, deren Elemente kognitive Relatoren sind (Bild 5) [20.8] bis [20.17]. Ihre Parallelschaltung und gegenseitige Verkopplung hat Ähnlichkeit mit der Textur assoziativer Neuronennetze, z.B. mit Pyramiden- oder Purkinjezellen der Groß- bzw. Kleinhirnrinde [43]. Sie eignen sich zur Simulation einfacher Denkformen, wie Verallgemeinerung, Abstraktion, Analyse, Synthese und Vergleich [4] [15] bis [20] [35] [39] und [40].
Die simulierte induktive Erweiterung einer logischen Begriffsstruktur (z.B. für c'_B im Bild 5) erfolgt durch assoziative Einbeziehung mindestens eines erfaßten Merkmals (z.B. $c_i \mid \dot{\alpha}_i$) in die bedingte logische Verknüpfung $\bigvee r_i$ oder $\bigwedge r'_i$, wozu kognitive Relatoren $R(\alpha_i)$ bzw. $R(\alpha'_i)$ dienen.

Definition 12: Charakteristisch für die empirische *Verallgemeinerung erster Art* ist die „reale" Konditionierung einer Assoziation (z.B. $\dot{\alpha}_i$ oder $\dot{\alpha}'_i$) für eine bedingte Relation (erster Art) infolge hinreichender Erfüllung ihrer *speziellen Koinzidenzbedingung* (z.B. $\text{SCC} = c_i \wedge c_B \mid (c_B \rightarrow c'_B)$) [19] [20.9] und [20.10].

— Die disjunktive Verallgemeinerung erster Art wird mit einem „kognitiven Synthesator" [20.12] simuliert. Dieser hat eine disjunktive Lerndisposition erster Art für einen COR-Knoten, d.h. Δ_{COR} mit SCC für alle α_i. Er dient zur *synthetischen Abstraktion* von alternativen Symbolen oder Eigenschaftswerten (z.B. Invarianten c_B und c_i) einer Klasse, ausgedrückt mit dem Deskriptor c'_B.
  Der *kognitive Synthesator* verknüpft alle expliziten Ereignissymbole, die mit seinen „kennengelernten" disjunkten Merkmalen $c_i \mid \dot{\alpha}_i$ übereinstimmen, zum verallgemeinerten Oberbegriff c'_B. Seine Merkmalsdisjunktion oder unscharfe Disjunktion (vgl. Definition 8) kann durch assoziative Einbeziehung weiterer Merkmale erweitert werden, wenn er noch nicht alle Merkmale für seine konditionierbaren Assoziationen α_i in Erfahrung gebracht hat. Als Gedächtnismodul eines assoziativen Erfahrungsspeichers vollzieht er die *assoziative Einkopplung* in einen Übertragungskanal ($c_B \rightarrow c'_B$) über disjunkte bedingte Relationen r_i [20.4] und [20.9] (vgl. Afferenzsynthese).
— Die konjunktive Verallgemeinerung erster Art wird mit einem „kognitiven Typisator" [20.14] simuliert. Dieser hat eine konjunktive Lerndisposition erster Art für einen CAND-Knoten, d.h. Δ_{CAND} mit SCC für alle α'_i. Er dient zur *analytischen Abstraktion* von Daten des Typs c'_B mit einem Identifikator c_{Ba} für die typisierten Symbol- oder Eigenschaftskombinationen (als Formationen [16]) konkreter Situationen oder Objekte.
  Der *kognitive Typisator* klassifiziert nur solche Formationen zum Typ des konjunktiv verallgemeinerten Begriffs c'_B (aufgrund $c_{Ba} \rightarrow c'_B$), deren implizite Invarianten c_i mit seinen „kennengelernten" konjunkten Merkmalen $c_i \mid \dot{\alpha}'_i$ übereinstimmen. Seine Merkmalskonjunktion oder unscharfe Konjunktion (vgl. Definition 8) kann durch assoziative Einbeziehung weiterer Merkmale erweitert und somit spezialisiert werden, wenn er noch nicht alle erlernbaren Merkmale in Erfahrung gebracht hat (Spezialisierung der Klassifikation).

Definition 13: Charakteristisch für die empirische *Verallgemeinerung zweiter Art* ist die „reale" oder „assoziative" Konditionierung einer Assoziation (z.B. $\dot{\alpha}_i$ oder $\dot{\alpha}'_i$) für eine bedingte Relation (zweiter Art) infolge hinreichender Erfüllung ihrer *allgemeinen Koinzidenzbedingung* (z.B. $\text{GCC} = c_i \wedge c'_B$) [19] [20.8] bis [20.10].

— Die disjunktive Verallgemeinerung zweiter Art wird mit einem „kognitiven Generalisator" [20.13] simuliert. Dieser hat eine disjunktive Lerndisposition zweiter Art für einen COR-Knoten, d.h. Δ_{COR} mit GCC für mindestens eine (assoziativ) konditionierbare Assoziation α_i. Er implementiert disjunkte

(Fortsetzung auf S. 470)

Einsatz des Einplatinenspracherkenners ESE K 7821 in einem CAD-Erfassungsprojekt

0. Einleitung

Die Anwendung von CAD/CAM-Systemen für die technische Vorbereitung sowie Steuerung von Produktionsprozessen hat an Bedeutung und Umfang erheblich zugenommen. Ziel der Einführung rechnerunterstützter Arbeitsplätze ist eine wesentliche Arbeitsproduktivitätssteigerung bei den Prozessen Entwicklung, Konstruktion, Projektierung, Technologie und Produktion und eine bessere Beherrschung des wachsenden Informationsumfanges. Im Beitrag wird ein Teil eines umfassenden CAD-Projektes dargestellt, das der rechnerunterstützten Erstellung von Verdrahtungs- und Prüfunterlagen für Steuerungsbaugruppen dient. Neu gegenüber ähnlichen Projekten ist, daß auf der Erfassungsseite für die Eingabe von Daten für die Wickelverdrahtung der Baugruppen wahlweise der Einplatinenspracherkenner ESE K 7821 vom VEB Kombinat Robotron zum Einsatz kommt. Damit wird dem internationalen Trend, neue Wege bei der Datenkommunikation zu beschreiten, entsprochen.

1. Kurzcharakteristik ESE K 7821 [1]

Der Einplatinenspracherkenner K 7821 wurde im VEB Kombinat Robotron entwickelt und ist als K 1520-Kartenbaugruppe realisiert. Er dient der Wiedererkennung von maximal 50 verschiedenen Klassen von Signalen, die sich durch die Folgen ihrer Kurzzeitspektren unterscheiden. Der ESE ist für die Erkennung gesprochener Einzelworte, aber auch für die Klassifizierung adäquater Prozeßmeßsignale geeignet. Die Entscheidungsfindung erfolgt durch Vergleich der Eingangsdaten mit einem Referenzsatz, der in einem Lernvorgang erzeugt wird. Die Eingangsdaten für den Erkenner werden durch einen Analysator aus dem aktuellen analogen Sprachsignal gewonnen.
Der Erkenner ist als Einplatinenrechner aufgebaut, der mit dem übergeordneten System — externes Gerät oder Wirtsrechner über ein PIO-Interface oder den K 1520-Systembus kommuniziert. Das interne Erkennerprogramm erlaubt die Betriebsarten Lernvorgang, Erkennen, Ein- und Ausgabe und Änderung der Referenzsätze.

2. Kurzcharakteristik Erfassungsprojekt

An dieser Stelle soll nicht der gesamte Prozeßablauf dargestellt werden, sondern nur der Teil der Erfassung und Vorverarbeitung der Daten für die Verdrahtung und Prüfung der genannten Baugruppenrahmen. In [2] wird der Prozeß näher erläutert. Der Prozeßabschnitt Erfassung und Vorverarbeitung der Daten wird auf einem K 1520-Arbeitsplatz, der aus OEM-Baugruppen (OEM original equipment manufactorer, von einem Hersteller gelieferte Einzelbaugruppen) und Geräten vom VEB Kombinat Robotron aufgebaut ist [3], abgearbeitet. Als zentraler Datenträger am OEM-Arbeitsplatz wird die Magnetband-Digitalkassette verwendet, die sich durch hohe Datensicherheit auszeichnet. Eine große Datensicherheit wird bei diesem Prozeß angestrebt, da keine fehlerhaften Daten in die folgenden Prozeßabschnitte gelangen sollen.
Das Erfassungs- und Vorverarbeitungsprojekt für K 1520 ist ein modular aufgebautes Programmsystem. Es ist dem Charakter nach ein spezielles Editorprogramm mit einer Vielzahl angeschlossener Vorverarbeitungsaufgaben sowie Prüfungen und Tests, die die geforderte Datensicherheit garantieren. Es gestattet die weitestgehend fehlerfreie Aufnahme der Verdrahtungsdaten, deren Abspeicherung und Ausgabe auf einen geeigneten Datenträger für die Weiterverarbeitung auf einer größeren Rechenanlage und ferner die Umkodierung der Daten zu einem Prüflochstreifen für die Prüfung der gewickelten Baugruppenrahmen.
Die Tafel gibt einen Überblick über die Module des Projektes. In den Modulen Erfassung und Korrektur kann die Dateneingabe alternativ mit der Tastatur- oder Spracheingabe erfolgen. Folgende Prüfungen und Tests gewährleisten die Datensicherheit:

- Prüfung der eingegebenen Wickelpunkte auf Formateinhaltung und Zulässigkeit
- Kontrolle der Anzahl der eingegebenen Wickelpunkte je Datensatz
- Prüfung des RAM-Speichers auf Datenerhalt während des Erfassungsvorganges
- Speicherüberlauftest
- Format- und Paritätsprüfungen bei der Abarbeitung der Module Prüflochstreifenkodierung und Gegenvergleich
- Doppelbelegungstest für Wickelpunkte
- logischer Gegenvergleich zweier unabhängig aufgenommener Files mit Verdrahtungsdaten
- automatischer Summenvergleich belegter und freier Wickelpunkte.

3. Technische Lösung

Hardwaremäßig ist der Spracherkenner über eine PIO-PIO-Kopplung an den K 1520-Wirtsrechner angeschlossen (Bild). Wirtsrechnerseitig wird dafür eine modifizierte Anschlußsteuerung ADA K 6022 genutzt. Der ESE steckt auf dem K 1520-Bus, ist jedoch nicht über den Bus gekoppelt. Somit kann der ESE wie eine Anschlußsteuerung behandelt werden. Die softwaremäßige Einbindung des ESE in den Wirtsrechnerkomplex umfaßt zwei Teile:

1. Realisierung eines ESE-Serviceprogrammes (projektunabhängig, wirtsrechnerspezifisch)
2. Projekteinbindung des ESE über eine Einzelzeichenroutine.

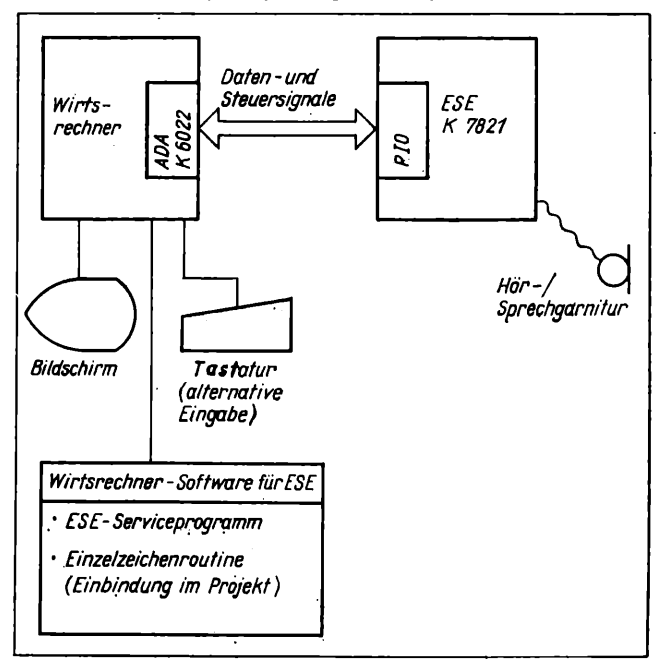
Das ESE-Serviceprogramm wird einmalig vor jedem Projektlauf abgearbeitet. Es erfüllt die Funktionen:

Tafel. Funktionen des Erfassungs- und Vorverarbeitungsprogramms für K 1520-Verdrahtungsprojekt

Erfassung und Vorverarbeitung von Verdrahtungsdaten

Modul	Funktion
Erfassung	Erfassung und Speicherung der Daten
Ausgabe	Arbeit mit den peripheren Geräten (Magnetbandkassette, Lochband, Drucker)
Korrektur	Änderung von Daten
PLS-Kodierung	Prüflochstreifen für die Baugruppenprüfung erzeugen
Gegenvergleich	logischer Gegenvergleich von zwei unabhängig aufgenommenen Datenfiles
Abstreichliste	Summenvergleich: belegte und freie Wickelpunkte

Bild. Technische Lösung der Spracheingabe im Projekt



- Lernen
- Nachlernen
- Laden bzw. Abspeichern des Referenzwissens auf externes Speichermedium (hier Kassettenmagnetband)
- Probeerkennen.

Das Serviceprogramm und die Einzelzeichenroutine sind auch in anderen Projekten nutzbar. Eine Modifikation für den Bürocomputer A 5120/30 ist ohne Probleme realisierbar.

4. Ergebnisse

- Die Lösung arbeitet technisch einwandfrei. Durch die zahlreichen Prüfungen und Tests des Projekts ist garantiert, daß sich Fehlerkennungen nicht auf das Erfassungsergebnis bemerkbar machen.
- Bei der bisherigen Tastatureingabe wurden beim konkreten Projekt zwei Bedienungskräfte eingesetzt. Da der unmittelbare Bediener des Gerätes die Hände durch die Spracheingabe frei hat, kann er mit den entsprechenden Unterlagen arbeiten (Stromlaufpläne usw.), und es kann auf die zweite Erfassungskraft verzichtet werden. Dies hat eine Arbeitszeiteinsparung zur Folge.
- Das betrachtete Projekt war für die Anwendung der Spracheingabe geeignet, da günstige Bedingungen vorliegen: Raum ohne Störgeräusche, begrenzter Wortschaft vom Projekt her (Ziffern, Kommandos).
- Von den Erfassungskräften wird eine Umstellung auf die neue Erfassungsart verlangt (insbesondere Bedienung des ESE-Serviceprogramms, Lernen, Nachlernen usw.)
- Der Sprecher muß eine hohe Disziplin beim Sprechvorgang einhalten (keine Störgeräusche, deutliche Sprache usw.).
- Jeder Sprecher muß mit eigenen Referenzsätzen arbeiten.
- Der betrachtete Einsatzfall ist ein Beispiel aus der CAD/CAM-Problematik. Eine Anwendung bei ähnlichen Projekten ist möglich.
- Mit einer Weiterentwicklung der Technik (verbesserte Erkenner) ist eine Verbreiterung der Einsatzfälle zu erwarten.

Literatur

[1] Dokumentation zum Einplatinen-Signal-Erkenner ESE K 7821. VEB Kombinat Robotron 1985.
[2] *Mertins, J.*: Dialoggestütztes Verdrahtungsprojekt für Baugruppenrahmen. Impuls (in Vorbereitung).
[3] *Mertins, J.*: Mikrorechnerarbeitsplatz aus K 1520-OEM-Baugruppen. Rechentechnik/Datenverarbeitung 22 (1985) 6, S. 12.
[4] *Mertins, J.; Münch, J.*: Betriebssystem KAMOS für K 1520-OEM-Konfigurationen mit Kassettenmagnetbandgerät. Sozialistische Rationalisierung der Elektrotechnik/Elektronik 15 (1986) 5, S. 105–108.

msr 8484 Dr.-Ing. *J. Mertins*, VEB Elektroprojekt und Anlagenbau Berlin, Zentrum für Forschung und Technologie

---

(Fortsetzung von S. 468)

bedingte Relationen zweiter Art, die entweder durch reale oder assoziative Konditionierung aufgebaut worden sind. Seine *bedingte Relationsdisjunktion* $\bigvee r_i$ hat dann den Charakter einer hypothetisch generalisierten Verknüpfung, wenn mindestens eine bedingte Relation r_i „assoziativ" konditioniert worden ist. Die assoziativ angenommene Kenntnis r_i gilt für ein „vermutetes" alternatives Merkmal $c_i \mid \dot{\alpha}_i$ und fungiert als hypothetische Alternative (vgl. Abschn. 1.4.).
Der *kognitive Generalisator* dient zur assoziativen (hypothetischen) *Synthese von Daten* einer Klasse für einen verallgemeinerten Begriff c'_B und ermöglicht „real" oder „assoziativ" bedingte Zuordnungen $(c_i \mid \dot{\alpha}_i) \to c'_B$ für empirische Aussagen oder Voraussagen als Vorstellungen durch Assoziieren aus Erfahrung.

- Die konjunktive Verallgemeinerung zweiter Art wird mit einem „kognitiven Implikator" [20.15] simuliert. Dieser hat eine konjunktive Lerndisposition zweiter Art für einen CAND-Knoten, d. h. Δ_{CAND} mit GCC für mindestens eine assoziativ konditionierbare Assoziation α'_i. Er implementiert konjunkte bedingte Relationen zweiter Art, die entweder durch reale oder assoziative Konditionierung aufgebaut worden sind. Seine *bedingte Relationskonjunktion* $\bigwedge r'_i$ hat dann den Charakter einer hypothetisch spezifizierten Verknüpfung, wenn mindestens eine bedingte Relation r'_i „assoziativ" konditioniert worden ist. Die assoziativ angenommene Kenntnis r'_i gilt für ein „vermutetes" implizites Merkmal $c_i \mid \dot{\alpha}'_i$. Der *kognitive Implikator* dient zur assoziativen (hypothetischen) *Datenanalyse* durch den Vergleich von Invariantenkombinationen (d. h. aller verifizierten c_i) mit seiner bedingten Merkmalskonjunktion $\bigwedge (c_i \mid \dot{\alpha}'_i)$, die als erfahrungsgemäßes (Referenz-)Muster für den abstrahierten Begriff c_{Ba} erlernt worden ist. Er vollzieht die „real" oder „assoziativ" bedingte Zuordnung $\bigwedge (c_i \mid \dot{\alpha}'_i) \to c'_B$ als Implikation für das konjunktiv verallgemeinerte Begriffsereignis c'_B (aufgrund $c_{Ba} \to c'_B$). Dadurch ist die assoziative Klassifizierung simulierbar [20.10].

Definition 14: Die bedingten Zuordnungen *höherer Ordnung* haben hypothetischen Charakter, weil sie auf Verallgemeinerungen zweiter Art zurückführbar sind. Sie erklären sich aus der assoziativen Konditionierung weiterer Assoziationen aufgrund von vorher konditionierten Assoziationen, die zur Erfüllung mindestens einer allgemeinen Koinzidenzbedingung GCC beitragen. Die genutzten bedingten Relationen fungieren dabei als erworbene Vorkenntnisse im Sinne des „relativen A-priori" für induktives Selbstlernen [1] [19] [20] und [35].
Bedingte Zuordnungen (niederer und höherer Ordnung) während der Informationsverarbeitung ermöglichen induktive Inferenzen für situationsangepaßte Funktions- und Verhaltensänderungen in Lernprozessen. Die hypothetischen Assoziationen für bedingte Zuordnungen können infolge praktischer Bestätigung konsolidiert oder wegen Nichtbekräftigung anulliert, d. h. vergessen, werden (vgl. Lernmethode „Versuch und Irrtum" und das Effektgesetz nach *Thorndike*) [6] [15] [18] und [19].

Zusammenfassung

Das induktive „begriffsbildende" Lernen im assoziativen Gedächtnissystem kann auf den empirischen Kenntniserwerb der erweiterbaren Wissensstruktur zurückgeführt werden. Im simulierten Verallgemeinerungsprozeß für eine logische Begriffsform wird durch induktive Zusammenhangserfassung eine gerichtete Verbindung (Assoziation) zwischen dem einbeziehbaren Besonderen und dem strukturell erweiterbaren Allgemeinen hergestellt. Eine aufgebaute bedingte Relation wird als empirisch erworbene Kenntnis definiert. Sie kann real oder assoziativ konditioniert worden sein. In Form konditionierter Assoziationen einer Gedächtnisstruktur werden bewährte oder hypothetische Kenntnisse gespeichert. Im kognitiven Grundprozeß des Assoziierens aus Erfahrung erfolgt die funktionelle Nutzung der erworbenen Kenntnis, die z.B. durch Lernen am Beispiel oder infolge Beobachtung in Erfahrung gebracht worden ist.
Die Simulation kognitiver Prozesse ermöglicht das maschinelle Lernen. Erzielt wird die Nachahmung einfacher Denkformen in kognitiv-logischen Gedächtnisstrukturen für intelligente Automaten. Dazu ist die Modellierung von konditionierbaren semantischen Begriffsnetzen erforderlich. Ein Weg zur Entwicklung von „kognitiven" Wissensstrukturen für assoziative Gedächtnissysteme ist die situationsabhängige Ausbildung „bedingter" logischer Relationsverknüpfungen im Rahmen einer strukturellen Lerndisposition. Mit konditionierbaren Assoziationen zur Ausbildung kognitiver OR- und AND-Knoten (COR bzw. CAND) wird die empirische Verallgemeinerung für bedingte Zuordnungen simuliert. Der aufgezeigte Lernmechanismus eines Kognitionsschemas bestimmt den speicherbaren Assoziationsindex und ermöglicht die Selbststrukturierung von Logikkomplexen. Als verknüpfbare Gedächtniselemente fungieren kognitive Relatoren. Sie erlernen empirische Assoziationen in kognitiv-logischen Verknüpfungs- und Speichereinheiten [20.4] bis [20.17]. Durch simulierte Verallgemeinerungsprozesse in lernenden Gedächtnismoduln werden bedingte Vergleichs-, Abstraktions-, Synthese- und Analyse-Operationen für logische Begriffsstrukturen nachgeahmt. Zum strukturbildenden Echtzeitlernen ist die Parallelisierung der kognitiven Prozesse während der Informationsverarbeitung erforderlich. Zukünftig einsetzbare Mittel hierzu sind beispielsweise kognitive Logikanordnungen, assoziative Erfahrungsspeicher und konditionierbare adreßfreie Zuordner. Die zu erwartenden Fortschritte hinsichtlich der mikroelektronischen Schaltungsintegration und der bioelektronischen Miniaturisierung schaffen in der Perspektive die technologischen Voraussetzungen für innovative „gehirnähnliche" Computerarchitekturen und intelligente Automaten [29] [41] und [42].

msr 8370

Mathematisch-kybernetische Modelle und Informatik in Wirtschaftswissenschaft und Wirschaftspraxis

Die VIII. Internationale Tagung „Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie/MKÖ VIII" fand 1985 in Magdeburg statt. Sie setzte den seit über zwanzig Jahren praktizierten Erfahrungsaustausch über Theorie und Praxis der Entwicklung und Nutzung von mathematischen, kybernetischen und statistischen Methoden sowie von Verfahren der automatisierten Informationsverarbeitung zur Modellierung und Rationalisierung ökonomischer Prozesse erfolgreich fort. Mehr als 500 Teilnehmer aus wissenschaftlichen Institutionen, Kombinaten und wirtschaftsleitenden Organen nutzten die vielfältigen Informations- und Diskussionsmöglichkeiten des umfangreichen Tagungsprogramms, das 3 Plenarvorträge, 156 Vorträge in 6 Sektionen und 6 Abendveranstaltungen umfaßte und dem sich gegenwärtig profilierenden Gebiet der Informatik besondere Aufmerksamkeit widmete.

Im Plenarvortrag von *H. Rost*, Stellvertreter des Vorsitzenden der Staatlichen Plankommission Berlin, wurden Schwerpunkte der weiteren Vervollkommnung der Leitung und Planung der Volkswirtschaft und daraus resultierende Anforderungen an die Informatik formuliert. Sie beziehen sich insbesondere auf die Vorbereitung und Einführung komplexer CAD/CAM-Lösungen zur Erhöhung der Produktivität und Effektivität des Reproduktionsprozesses in seiner Gesamtheit. Hauptaufgaben bilden die sinnvolle Proportionierung von zentraler und dezentraler Informationstechnik, die kurzfristige Bereitstellung und die Erhöhung der Qualität von Basis- und Anwendersoftware, die breitere Nachnutzung bewährter Programme und Projekte sowie die zielgerichtete Aus- und Weiterbildung von Fachkadern auf dem Gebiet der Informatik.

Der Plenarvortrag von *K. Manteuffel*, *E. Seiffart*, *G. Tietböhl* und *U. Trostel*/Magdeburg befaßte sich mit der Darlegung ausgewählter praktischer Resultate der ökonomisch-mathematischen Modellierung in Betrieben und Kombinaten des Bezirkes Magdeburg. Sie betrafen u. a.:

- Transport- und Tourenoptimierung für Entsorgungsprozesse, Transportprozesse in landwirtschaftlichen, industriellen und dienstleistenden Bereichen
- Optimierung der Maschinenbelegung mit dem Ziel minimaler Durchlaufzeiten und Umlaufmittelbindungen sowie hoher Auslastung der Bearbeitungsstationen durch Simulationsverfahren
- Modellierung von Systemen der Mehrmaschinenbedienung.

Praktische Erfahrungen der Einführung von CAD/CAM-Lösungen im Erfurter Kombinat Umformtechnik standen im Mittelpunkt des Plenarvortrages von *P. Härting* und *B. Wagler*. Zielstellung ist die Integration der Computertechnik in das Liefer- und Leistungsprofil und in die technologischen Prozesse des Kombinates sowie die Durchsetzung von CAD/CAM-Technologien und automatisierten Informations- und Kommunikationssystemen. Die Software-Entwicklung erfolgte in Zusammenarbeit mit Hochschulen, Akademie- und Industrieinstituten und dem Kombinat Datenverarbeitung. Nachnutzungsvarianten sind die Übernahme von kompletten Lösungen mit geringer spezifischer Anpassung oder von Teillösungen mit umfangreichen Anpassungen sowie die Integration von Lösungen der Kombinatsbetriebe in das Kombinats-Softwaresystem.

Die Sektion 1 der Tagung befaßte sich mit den Möglichkeiten, Ergebnissen und offenen Problemen der Anwendung mathematischer Modelle in den Wirtschaftswissenschaften. Hierzu zählen u. a. Beiträge von *H. Hörz* und *H. Liebscher*/Berlin über erkenntnistheoretische Fragen des Mathematisierungsprozesses, von *R. Thiel*/Berlin über das Verhältnis von Mathematik, Sprache und Dialektik, von *J. Piehler*/Merseburg über die Wechselwirkung von Ökonomie und Mathematik aus der Sicht eines Mathematikers, von *S. von Känel*/Dresden über Stand und Perspektive der Nutzung kybernetischer Modelle in Wirtschaftswissenschaft und Wirtschaftspraxis sowie von *U. Ludwig* und *W. Telle*/Berlin über Methoden der Verflechtungsbilanzierung in der ökonomischen Forschung, von *K. Schwarz* über den Einfluß der Optimierung auf die ökonomische Theorie sowie von *H. Körth* über verallgemeinerte Optimierungsaufgaben. Weitere Themen der Sektion 1 bildeten Modellrechnungen für Wachstums- und Intensivierungsprozesse sowie für Effektivitätsbewertungen.

Theorie und Praxis volkswirtschaftlicher Modelle waren Gegenstand der Diskussion der Sektion 2. Neben prinzipiellen Problemen der Einordnung von Modellen in den makroökonomischen Entscheidungsprozeß und Resultaten ihrer Nutzung für Prognose und Planung wurden Erfahrungen mit Teilmodellen für Investitionen, Konsumtion, Kooperation, Distribution und Außenhandel, für Kaderpotentiale und Arbeitskräftereproduktion sowie für Material- und Energieressourcen vermittelt (u. a. *H. Knop*/Berlin, *W. Ilchmann*/Merseburg und *P.-D. Kluge*/Berlin, *E. Kigyossy-Schmidt* und *B. Matthes*/Berlin, *E. Müller*/Leipzig, *E.-E. Borngräber*/Berlin).

Bemerkenswert ist die zunehmende Bedeutung von strategischen Modellen (u. a. *M. Wölfling* und *D. Schmidtke*/Berlin, *K. Schiele*/Berlin, *I. Sujan*/Bratislava) und des Prinzips der Selbstorganisation mathematischer Modelle (*J.-A. Müller*/Berlin).

Zu Kombinats- und Betriebsmodellen wurden intensive Diskussionen in der Sektion 3 geführt. Auch hier gab es eine Podiumsdiskussion, die der Leistungsbewertung und dem Leistungsvergleich aus mathematisch-statistischer Sicht, u. a. mit Methoden der Rangfolgebildung und der Ursachenforschung, galten. Die Entwicklung eines handhabbaren Kenngrößensystems und seine nutzergerechte Aufbereitung spielte dabei eine besondere Rolle.

Einen wachsenden Stellenwert nahm die Gestaltung computergestützter, leitergerechter Dialog-Systeme für die Planung und Steuerung betrieblicher Reproduktionsprozesse (*W. Salecker*/Berlin, *K. Neumann*/Berlin, *B. Oswald*/Zwickau und *P. Bauch*/Greiz, *R. Hartung*/Bernburg, *W. Schwarzer*/Zittau) sowie für die Strategienbildung wissenschaftlich-technischer Innovationsprozesse (*H.-G. Lauenroth*/Berlin) ein. Hierbei werden in steigendem Maße Personalcomputer als dezentrale Datentechnik eingesetzt.

Resultate der Optimierung betrieblicher Leitungs- und Planungsprozesse in Industrie, Landwirtschaft und Verkehrswesen wurden in der Sektion 4 vorgestellt. Hier zeigte sich die Nützlichkeit und wachsende Anwendungsbreite der Komplexmethode der Produktionsplanoptimierung (*W. Lassmann* und *R. Rogge*/Halle, *M. Petzer*/Schkopau, *J. Lorenz*, *J. Weihrauch* und *T. Mai Huy*/Halle, *E. Kummerow* und *H. Wittig*/Leipzig, *G. Kormann* und *S. Dommer*/Halle sowie *P. Gentes*/Zwickau), die Notwendigkeit der Entwicklung praktikabler Instrumentarien für die Leitung betrieblicher Innovationsprozesse (*H. Tempel*/Merseburg) und die Anwendung hierarchischer Planungskonzepte (*H. Drewel*/Leipzig).

In enger Verbindung hierzu stand die Arbeit in der Sektion 5 über die Automatisierung betrieblicher Informationsprozesse.

Datenbanksysteme bildeten dabei einen Schwerpunkt der Vorträge (*W. Schoppan*/Berlin, *K. Kruczynski*/Leipzig, *G. Trepte* und *K.-H. Rauchhaus*/Merseburg, *K. Porkert*/Jena, *W. Abt*/Berlin, *A. Lukowska*/Szczecin, *M. Holz*/Karl-Marx-Stadt, *W. Schönian*/Berlin, *H. Starke* und *G. Timme*/Magdeburg, *E. Zeipert*/Leipzig, *A. Beck*/Leipzig). Neue Aufgabenstellungen zeichnen sich auf dem Gebiet der flexiblen Automatisierung der Leitung (*W. Uhr*/Dresden und *W. Belke*/Berlin) und der Gestaltung rechnergestützter Arbeitsplätze für Ökonomen (*J. Picht*/Halle) ab.

In der Sektion 6 über Modelle der Steuerung betrieblicher Prozesse wurde eine zunehmende Orientierung auf die rationelle Gestaltung und Simulation flexibel automatisierter Fertigungssysteme (*W. Beetz*, *J. Kaufmann*/Zwickau und *W. Rosenberg*/Gera, *K.-U. Otte*, *G. Tietböhl* und *W. Winkelmann*/Magdeburg, *M. Grün* und *E. Vilkner*/Wismar, *M. Frank*/Dresden und *W. Runge*/Rostock), auf die Simulation komplexer Verkehrssysteme (*G. Schulze*/Rostock) und komplexer Anlagensysteme (*M. Frank*/Merseburg und *M. Vitek*/Pardubice) sichtbar.

Eine gute Tradition der MKÖ-Tagungen — die Durchführung problembezogener Abendveranstaltungen zu aktuellen und neuen Aufgabenstellungen — wurde

in Magdeburg erfolgreich fortgesetzt. Sie umfaßten 6 Themenkreise:

— Ergebnisse und Aufgaben der Zusammenarbeit der Technischen Hochschule „Otto von Guericke“ Magdeburg mit territorialen Wirtschaftseinrichtungen
— Rechnergestützte Optimierung im Dialogverkehr
— Unscharfe Modelle und Möglichkeiten ihrer praktischen Nutzung
— Rechentechnik und Systemunterlagen des Kombinat Robotron
— Mathematikausbildung für Ökonomen und Ökonomieausbildung für Mathematiker
— Redaktion-Leser-Diskussion der Zeitschrift „Rechentechnik/Datenverarbeitung“ über Software-Nutzung.

Der Wert dieser Abendveranstaltungen, die eine gute Resonanz fanden, liegt insbesondere in der Interdisziplinarität der Diskussion. Dies wurde unter anderem in der Veranstaltung über Fuzzy-Modelle dadurch deutlich, daß es nach den einleitenden Beiträgen von *H. Jüttler*/Dresden über die Anwendung unscharfer Modelle auf Entscheidungssituationen, von *G. Peißker*/Halle über unscharfe lineare Optimierungsaufgaben und von *M. Franke*/Merseburg über unscharfe Modelle in der komplexen Prozeßanalyse zu unterschiedlichen Auffassungen über die künftigen Entwicklungsrichtungen in Theorie und Praxis der Fuzzy-Modellierung kam. Neben den „klassischen“ Diskussionen über das Verhältnis von Wahrscheinlichkeit, Stochastik und Unschärfe gab es interessante Beiträge zur Bestimmung der Zugehörigkeitsfunktionen in Abhängigkeit von der Dynamik ökonomischer Prozesse, über die Interpretation von Fuzzy-Situationen sowie über Datenbasis und Unschärfebedingungen. Das Argument des angeblich sehr hohen Aufwandes für die Fuzzy-Modellierung konnte anhand realisierter Modelle und der damit erzielten Resultate widerlegt werden. Naturgemäß muß dabei zusätzlich die Tatsache berücksichtigt werden, daß bisher Erfahrungen in größerer Breite fehlen, da sich die praktische Nutzung erst in den Anfängen befindet. Neue Anwendungsrichtungen zeichnen sich für das neue Forschungsgebiet der Modellierung und Simulation von Innovationsstrategien ab, da Strategien als Handlungsalternativen für die Steuerung künftiger komplexer Prozesse in besonderem Maße den Bedingungen von Unschärfe und Unbestimmbarkeit Rechnung tragen müssen. Dies gilt für die Modellierung von Konfliktsituationen in gleicher Weise.

Insgesamt zeigte die Magdeburger Konferenz über mathematisch-kybernetische Modelle und Informatik in Wirtschaftswissenschaft und Wirtschaftspraxis eine größere Komplexität des Herangehens an die Modellierung und Simulation ökonomischer Prozesse, eine stärker praxisbezogene Orientierung der Modelle mit höherer Nutzerfreundlichkeit sowie eine effektivere Nutzung der elektronischen Rechentechnik mit zunehmender Anwendung von Datenbanken zur rationellen Gestaltung von Informationsprozessen. Gleichzeitig wurde eine Reihe zu lösender Aufgaben sichtbar, die insbesondere aus der Notwendigkeit

— der Entwicklung „einfacher“, handhabbarer systemanalytischer Modelle zur Steuerung großer Systeme im makro- und mikroökonomischen Bereich
— des verstärkten Einsatzes integrierter CAP/CAD/CAM-Systeme
— der breiteren Verwendung der dezentralen, arbeitsplatzbezogenen Datentechnik, speziell von Personalcomputern
— der Lösung des immer aktueller werdenden Soft-/Orgwareproblems
— der Gestaltung einer soziologisch, sozialpsychologisch und arbeitswissenschaftlich günstigen Mensch-Maschine-Kommunikation
— der Schaffung theoretischer, methodologischer und instrumenteller Grundlagen, Mittel und Methoden der sich entwickelnden Fachdisziplin Wirtschaftsinformatik

resultieren.

Dabei wird immer deutlicher, daß die ökonomisch-kybernetische Systemanalyse der achtziger Jahre sich zu einer

— *rechnergestützten Systemanalyse in* ihrer Einheit von Analyse und Synthese mit einer aktiven Veränderungsfunktion durch Variantenrechnung und rationelle Entscheidungsvorbereitung
— *komplexen Systemanalyse* in ihrer Einheit von technischen, ökonomischen und soziologischen Untersuchungen und Wirkungen mit einer umfassenden System-/Umweltbetrachtung
— *integrativen Systemanalyse* in ihrer Einheit der Modellierung von Struktur, Funktion und Verhalten großer Systeme mit dem Ziel optimaler Steuerung und automatisierter Informations- und Wissensverarbeitung durch interdisziplinäre Zusammenarbeit von Kybernetik, Operationsforschung, Statistik und Informatik mit den wirtschaftswissenschaftlichen Disziplinen Volkswirtschaft und Betriebswirtschaft

entwickelt und auf diese Weise grundlegende Beiträge zur Erhöhung der Produktivität und Effektivität der Betriebe und Kombinate, der Zweige und Territorien der Volkswirtschaft leistet.

Schließlich sei mit Genugtuung die rührige Arbeit der KMÖ-Organisatoren gewürdigt, denen es auch gelang, die 6 Bände der Tagungsmaterialien rechtzeitig zu Konferenzbeginn vorzulegen und damit den Teilnehmern ein informatives Material zur Auswertung zur Verfügung zu stellen, ohne daß die Tagungsgebühr die inzwischen nahezu astronomischen Größenordnungen vergleichbarer Konferenzen erreichte. msr 8501 *H.-G. Lauenroth*

4. Kolloquium „Meßtechnik für thermische Energieanlagen“

Der Wissenschaftsbereich Meß- und Automatisierungstechnik (Maschinenlaboratorium) der Sektion Energieumwandlung der TU Dresden veranstaltete am 25. und 26. Februar 1986 in Dresden sein 4. Kolloquium „Meßtechnik für thermische Energieanlagen“. Unter den 190 Teilnehmern waren Gäste aus der UdSSR, der VR Polen, der CSSR, der VR Ungarn, der BRD und Großbritannien. Die Mehrzahl der gebotenen 40 Beiträge galten Problemen, die sich auf die Meßgrößen Durchfluß, Temperatur, Dehnung, Druck und Konzentration zurückführen lassen. Im Mittelpunkt standen der Einsatz moderner Meßprinzipien und Herstellungsverfahren für Sensoren sowie die Integration der Mikrorechentechnik in die Meßtechnik.

In den ersten Beiträgen (*G. Schramm* und *D. Netzband*/TU Dresden) wurden der Informationsbedarf bei der Prozeßführung in thermischen Energieanlagen und bei der Klärung von Teilprozessen sowie die Trends in der qualitativen und quantitativen Informationsnutzung charakterisiert.

Für die **Überwachung** des ersten Kreislaufes eines Druckwasserreaktors hinsichtlich loser Teile mit Hilfe piezoelektrischer Körperschallsensoren gaben *H.-D. Giera* und *G. Blumentritt*/Rossendorf einen Überblick. Die geringste Fehlalarmrate wird danach mit einer statistischen, mikrorechnergestützten Signalbewertung im Zeitbereich erreicht.

Zur Überwachung von Wellenschwingungen stellten *D. Herrmann*, *H. Lubenow* und *H. Unger*/Greifswald einen Wirbelstrom-Abstandssensor mit drei Spulen vor, dessen großer Übertragungsfaktor und dessen Unabhängigkeit von der Stahlsorte den erforderlichen Aufwand rechtfertigt. *G. Heymann*/Dresden demonstrierte ein mikrorechnergesteuertes Schwingungsmeßsystem für Turbomaschinen. Die Bewertung anhand von Schwingungs- und Bezugszeiten statt nach Beträgen läßt bisher gleichartige Zustände unterscheiden.

Eine Diagnose von Gleitlagern gestattet ein Temperaturmonitor von *D. Herrmann* und *A. Weichbrodt*/Greifswald, der die Thermospannung zwischen Lagermetall und Trägermaterial nutzt. Für die Überwachung großer Hubkolbenverdichter hat sich eine kapazitive Messung der Ventilplattenbewegung und deren Auswertung mit einem Mikrorechner bewährt (*H. Schmidt* und *P. Zosel*/Dresden). *B. Moltmann* und *H. Vater*/Teltow berichteten über die Industrieerprobung einiger Varianten des Automatisierungssystems *audatec* an Schwingschubrostdampferzeugern in einem Heizwerk.

In der **Durchflußmeßtechnik** erhalten einige Meßprinzipien durch die Mikroelektronik neue Einsatzmöglichkeiten. Für die Laufzeitmessung von Strömungsstörungen, an Bandmaterialien u. a. über die Kreuzkorrelation stellte *F. Mesch*/Karlsruhe einen digitalen Korrelator mit übergeordnetem Einstell- und Überwachungsrechner vor. Durch eine bestimmte Anordnung von drei Sensoren in geringem Abstand wird ein gutes und schnell einschwingendes Korrelationsmaximum erreicht.

G. Urner, *U. Kath* und *W. Wittke*/Dresden und Rossendorf berichteten über die Verwendung der Polaritätskorrelationsfunktion mit Hilfe eines Mikrorechners und experimentelle Untersuchungen bei verschiedenen Strömungsbedingungen.

Die Ursachen der relativ geringen Meßspanne von Wirbelfrequenz-Durchflußmessern analysierte *J. Hiekel*/Dresden. Im Bereich kleiner Reynoldszahlen steigt die Strouhalzahl an, und der größere Geschwindigkeitsgradient in der Strömungsmitte beeinträchtigt die Wirbelbildung. Bei hohen Reynoldszahlen stören die Kompressibilität von Gasen und die Kavitation von Flüssigkeiten.

K. D. Gerlach/Dresden stellte ein Laser-Doppler-Anemometer zur Ermittlung von Strömungsgeschwindigkeitskomponenten und Reynoldscher Schubspannungen vor, das einen über Mikrorechner gekoppelten Periodendauermesser und Lichtleitkabel enthält.
A. Negrusz/Wroclaw wies für einen Ultraschall-Durchflußmesser nach dem Dopplerprinzip für kleine Reynoldszahlen (2 ... 16) den Einfluß von Rohrdurchmesser, Wandmaterial und Geschwindigkeitsprofil auf die Dopplerfrequenz nach.
D. Petrak, *F. Astalosch* und *A. Hoffmann*/Karl-Marx-Stadt und Freiberg zeigten eine in eine Mehrphasenströmung einzubringende Sonde aus Stufenindex-Lichtleitern, die über das Lichtschrankenprinzip Teilchengeschwindigkeiten ermittelt. Ebenfalls für experimentelle Strömungsuntersuchungen war ein Beitrag von *V. A. Zabaikin* und *P. K. Tretyakov*/Novosibirsk angemeldet, nach dem Methan wegen seiner hohen Absorption im IR-He-Ne-Laserlicht als Tracergas eingesetzt wird. *W. Wysocki* und *A. Smolny*/Łódź legten Meßergebnisse zur Gesamtdruck- und Gesamttemperaturverteilung in einem Rechteckdiffuser vor.
Für doppelt abgeschrägte Blenden wies *J. Stańda*/Wroclaw nach, daß diese entgegen Literaturangaben keine maßgebenden Vorteile für geringe Reynoldszahlen aufweisen. *L. Pastucha* u. a./Częstochowa berichteten über Meßverfahren für mit Festkörpern verunreinigtes Wasser nach dem Staukörperprinzip.
Für die Kalibrierung von Durchflußmeßverfahren mit Transfernormalen haben sich nach bisherigen Stabilitätsuntersuchungen mit Luft und Wasser Kombinationen von Wirbel- und Turbinenzählern als geeignet erwiesen (*P. Szent-Iványi* und *W. Winkler*/Berlin). Für die Kalibrierung von Kältemittel-Volumenzählern ist wegen der extrem geringen Viskosität ein besonderer Prüfstand aufzubauen (*G. Löschau*/Dresden). *H. Gehlhaar* und *B. Krenkel*/Dresden stellten den Entwicklungsstand eines Flowcomputers vor, der als Volumenumwerter und auch zur Wärmeleistungsmessung eingesetzt werden kann.
Für die **Temperaturmessung** gaben die Beiträge von *C. Funke*/Dresden zur Technologie von Nickel-Schichtwiderständen mit Platin-TK, von *M. Schmidt*/Dresden zu Polysilizium-Temperatursensoren und von *E. Kaiser*/Dresden zur Dehnungskompensation bei der Applikation von Schichtwiderständen Einblicke in Fragen der Sensorentwicklung. Für pyrometrische Temperaturmessungen an brennenden Kohleteilchen zeigte *A. Sapiński*/Warschau eine Lösung mit drei Wellenlängenbereichen.
F. Strzelczyk/Łódź sprach über die Linearitätsbedingungen des Widerstandsbrückenausgangssignal zur Erfassung von Temperaturdifferenzen. *R. Gebbensleben*/Dresden berichtete über Lösungen mit NTC-Thermistoren zur thermodynamischen Wirkungsgradbestimmung von Pumpspeichersätzen.
I. Benkö/Budapest prüfte mit Wärmestrommessungen (Hilfswand-Wärmestromsensor als Taster) rechnerisch optimierte Isolationen. Für Wärmeleitfähigkeitsmessungen nach einer instationären Methode stellte *K. Schulte*/Dresden eine Sonde (mit Heizung und Temperatursensor) für Festkörper und Schüttgüter vor.
F. A. Fattah/Dresden berichtete über ein Vergleichsplattenverfahren für Wärmeleitfähigkeitsmessungen an gefrorener Braunkohle.
Über **Druckmessungen** mit piezoelektrischen Sensoren bei Stoßrohrexperimenten, insbesondere über dynamische und statische Kalibrierungsmethoden, referierten *Y. M. Faressow* und *L. G. Gwosdewa*/Moskau und *N. N. Stolovich*/Minsk. Nach der Analyse von Gasdruck- und **Dehnungsmessungen** an Radialturbinenschaufeln in Abgasturboladern gelangt *A. Jenkner*/Dresden zu einer Beschreibung der Anregungsfunktionen als amplitudenmodulierte Impulsfolge.
Mit auf Bolzen applizierten Dehnungsmeßstreifen führten *J. Rýbař* und *M. Svoboda*/Prag Axialkraftmessungen an größeren Turboverdichtern durch. Über Erfahrungen bei Eigenspannungsmessungen mit den Bohrloch- und Ringkernverfahren an Kesseltrommeln nach einer Auftragsschweißung berichtete *D. Schröder*/Dresden.
Im Themenbereich **Konzentrationsmessung** stellte *I. Reckmann*/Leuna ein automatisches insitu-Schwefelsäure-Taupunktmeßgerät vor, bei dem die Temperaturmessung auf einer Leitfähigkeitsmeßfläche liegt, deren Luftkühlung nach dem Leitfähigkeitsstrom geregelt wird.
M. Browne/Manchester analysierte optische Taupunkthygrometer, deren Fehlerquellen und stellte ein mikrorechnergesteuertes Hygrometer vor mit Reflexionssignalgewinnung über ein Lichtleitkabel.
M. Teisseyre/Wroclaw zeigte ein weiterentwickeltes, gravimetrisches Emissionsstaubmeßgerät mit automatischer Teilstromregelung.
Das 4. Kolloquium war wieder ein geeignetes Diskussionforum für aktuelle meßtechnische Probleme, deren Auswahl etwas von den Arbeitsgebieten des Veranstalters widerspiegelt. Das 5. Kolloquium wird 1989 im Rahmen des 21. Kraftwerkstechnischen Kolloquiums der Sektion Energieumwandlung veranstaltet. msr 8503 *E. Kaiser*

msr MESSEN UND AUSSTELLUNGEN

Neue Medizin- und Labortechnik mit Mikroelektronik

Über 60 Neu- und Weiterentwicklungen standen auf der Exponatenliste des VEB Kombinat Medizin- und Labortechnik Leipzig für die Leipziger Herbstmesse. Sie zeichnen sich in erster Linie durch ihr hohes technisches Niveau, ihre guten Gebrauchswerteigenschaften sowie zahlreiche Anwendervorteile aus und entsprechen den modernsten Erkenntnissen von Wissenschaft und Technik. Vor der Ausstellung im Messehaus Bugra lag die gründliche Erprobung in der Praxis.
Das neue Rotationsviskosimeter Rheotest 4-M mit dem Mikrorechner MC 80 verkörpert ein Laborviskosimeter der neuen Generation. Bei erhöhter Sicherheit arbeitet es energiesparend. Durch den Einsatz neuer Materialien wurde eine wesentliche Massereduzierung erreicht. Die Temperierung wurde verbessert, und Störschwingungen durch die Thermostatenpumpe entfallen. Unabhängigkeit von der Netzfrequenz wird gewährleistet. Manuelle Umschaltungen und Berechnungen entfallen.
Das Viskosimeter arbeitet nach dem Couette-Prinzip. Mit dem neuen wegarmen Meßsystem wird ein einfacher, genauer und trägheitsarmer Drehmomentabgriff mit patentierter reibungsfreier Meßwellenlagerung eingesetzt. Die Bildung von Taylorwirbeln wird vermieden. Durch den Einsatz eines Gleichstrommotors als Antriebselement kann eine kontinuierliche Schergefälleregelung erfolgen.
Die Kopplung mit dem Mikrorechner ermöglicht eine zeitsparende Arbeitsweise durch automatische Schergefälleführung und Schubspannungsmessung. Während der Messung werden auf dem Bildschirm die Werte für die Meßdauer, das Schergefälle, die Schubspannung, die scheinbare Viskosität sowie eine Sichtskala für die prozentuale Auslastung der meßbaren Schubspannungsbereiche angezeigt. Die Meßdaten sind im Rechner gespeichert und wieder abrufbar. Das Gerät kann von der programmierten Meßwertaufnahme auf Handbetrieb umgeschaltet werden.
Die leistungsfähige präparative Ultrazentrifuge UP 65 M mit Mikrorechner gewährleistet höchste Drehzahl- und Temperaturkonstanz, digitale Anzeige und Parametervorwahl, Programmspeicherung und die Realisierung von Sonderprogrammen. Sie erreicht Drehzahlen von 2000 ... 65000 min^{-1}. Das geschlossene Ölumlaufsystem garantiert die kontinuierliche und dosierte Ölversorgung aller zu schmierenden Baugruppen. Höchste Sicherheit und Zuverlässigkeit sind charakteristische Merkmale dieser neuen Zentrifuge. Ein Sicherheitsschlüssel verhindert das unbefugte Benutzen und sichert auch die Umstellung auf Zonalbetrieb, bei dem die drehzahlbedingte Deckelverriegelung das Arbeiten bei geöffnetem Panzerdeckel bis zu 2500 U/min gestattet. Überdrehzahlsicherungen schalten den Antrieb der Maschine beim Überschreiten der Maximaldrehzahl automatisch ab.
Der Analyzer ECA 20 dient der genauen, schnellen und kostengünstigen amperometrischen Bestimmung von Glucose im Blut. Ein Mikrorechner gewährleistet auch bei dieser Neuentwicklung die Meßwertverarbeitung und die automatische Selbstüberwachung. Der Analyzer liefert sehr genaue Analysenergebnisse bei kurzen Analysezeiten. Die Analyse von Notfallproben erfolgt in weniger als

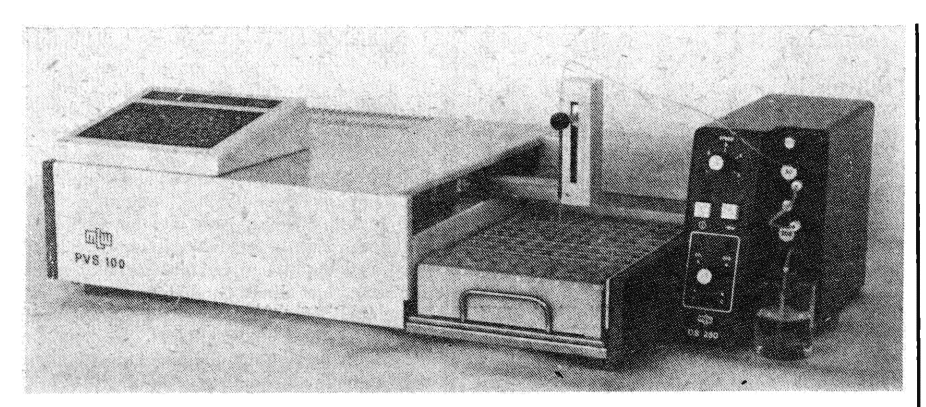


Bild. Probenverteilerstation PVS 100 zur schnellen und zuverlässigen Probenvorbereitung

60 Sekunden. In einer Stunde können bis zu 130 Proben analysiert werden. Die Probenmenge je Analyse beträgt 5 bis 20 µl Blut. Das automatische Nachkalibrieren gestattet nur minimale systematische Abweichungen. Die Meßwertausgabe erfolgt digital, vierstellig und kommarichtig. Der Meßwert wird vierstellig mit Maßeinheit, Fehlerkennzeichen und Probennummer ausgedruckt.

Die neue Probenverteilerstation PVS 100 (Bild) arbeitet mit hoher Präzision. Sie besteht aus der Probenverteilereinheit und dem direkt gekoppelten Festvolumendosierer DS 250. Je nach der Wahl und der Konfiguration des Programmes kann sie Proben oder Eich- und Kontrollmaterial in beliebiger Reihenfolge und Vielfalt einschließlich Dilution verteilen, Proben in Aliquote hintereinander oder in mehrere Magazine aufteilen, vorgegebene Proben mit Reagenz dispensieren, Verdünnungsreihen bis zu 30 Stufen herstellen und die Verteilerkanüle zum programmierten Zeitpunkt spülen.

Weitere Anwendervorteile ergeben sich aus der Einsparung von Reagenzien durch die Anwendung der Mikrolitertechnik, aus der einfachen Programmierung über eine Funktionstastatur im Dialog mit einer numerischen Anzeige, aus der freien Programmierung von Probenverteilerfolgen, der geometrischen Anordnung der Probengefäße in einem Primär- und einem Sekundärfeld in X, Y, Z-Koordinaten, Taktzeiten, Verteilerschemata und Probenanzahl sowie aus der Speichermöglichkeit für maximal 50 Programmodifikationen.

Die neue Infusionsschlauchpumpe ISP 620 dient zur Durchführung intravenöser und intraarterieller Langzeitinfusionen vor allem in der Humanmedizin. Ihre Volumensteuerung resultiert aus einer exakten Drehzahl des Pumpenantriebs und aus dem Einsatz kalibrierten Pumpschlauchmaterials. Die Langzeitdosiergenauigkeit entspricht den medizinischen Erfordernissen zur Einhaltung eines optimalen Medikamentenspiegels.
Die volumengesteuerte Infusionspumpe gestattet eine sterile, kontaminationsfreie Übertragung von Infusionslösungen mit hoher Dosiergenauigkeit. Die Förderung der Infusionslösung erfolgt durch eine Rollenschlauchpumpe. Das Gerät verfügt über ein umfangreiches Sicherheits- und Alarmsystem. Bei Störungen wird die Infusion automatisch abgeschaltet, oder es wird auf eine in ihrer Dauer begrenzte Offenhaltungsrate umgeschaltet. Alle Zustände werden optisch über LED und akustisch signalisiert. Durch die differenzierte Alarm- und Betriebszustandsanzeige kann z. B. die Ursache eines Alarmstops schnell und direkt ermittelt werden. Die Infusionsrate ist an einem Vorwahldrehschalter im Bereich von 1 ... 599 ml/h in Stufungen von 1 ml/h einstellbar und kann zu beliebigen Zeiten geändert werden.
Mit dem neuen Zytorotor wird die Forderung verschiedener Bereiche der Medizin und der Biowissenschaften nach der Entwicklung einer Methode zur Zytozentrifugation erfüllt, die die Bestimmung des Zellgehaltes aus Blut-, Urin- und Gewebeproben z. B. von Nierentransplantierten ermöglicht. Dadurch sind schon frühzeitig Abstoßungsreaktionen erkennbar. Mit dem 12-Platz Festwinkelrotor wird eine relative Zentrifugalbeschleunigung bei $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ von 515 erreicht. Je Platz können zwei Proben (120 ml und 240 ml) aufgenommen werden. Der Rotor wird mit einem Deckel verschlossen und eignet sich sowohl für die Filter- als auch für die Naßmethode.
Zum Temperieren größerer Probenserien in Reagenzgläsern sowie von Probelösungen, Reagenzien usw. in Bechergläsern und Kolben bis 100 °C eignen sich die neuen Wasserbäder W 20 und W 21. Ihre besonderen Vorteile ergeben sich aus der digitalen Anzeige der Ist- oder Solltemperaturen, dem sicheren Schutz der Proben gegen Verunreinigungen und gegen Tropfkondensat sowie aus dem Übertemperaturschutz, der auch vor Trockenlauf schützt. Die Badvolumina betragen 8 und 16 Liter. Die Arbeitstemperatur der Wasserbäder beträgt +25 °C ... +100 °C bei einer Temperaturkonstanz von ±1 K und einer Anzeigegenauigkeit von 1 K.
Um 20 Prozent höhere Gebrauchswerteigenschaften bietet die neue Baureihe Dampfsterilisatoren. Zu den Anwendervorteilen gehört die Erhöhung der Anpassungsfähigkeit und der Einsatzmöglichkeiten durch die Anwendung der Mikrorechentechnik. Die Geräte verfügen über eine eigene Dampfversorgung und über ein neues energiesparendes Sterilisationsverfahren mit Temperatur-Zeit-Integration. Im Verhältnis zu vergleichbaren Erzeugnissen beträgt die Energieeinsparung 30 Prozent. Kundenspezifische Programmodule und die in mehreren Parametern frei programmierbare Steuerung bringen weitere wesentliche Anwendervorteile. Die verwendete Mikrorechnertechnik erhöht vor allem die Zuverlässigkeit.

Zu den weiteren wertvollen Messeneuheiten des Leipziger Kombinates gehörten u. a. mehrere Tischzentrifugen, ein Narkosebeatmungssystem, ein Cysto-Urethroskop, ein Diagnose-Arthroskop, Brut- und Wärmeschränke, verschiedene Heißluftsterilisatoren, eine komplette stomatologische Behandlungseinheit, eine Kühlplatte für die extrakorporale Chirurgie, chirurgische Instrumente und zahlreiche medizinische Einmalgebrauchsartikel. msr 8509 *W. Seidel*



BUCHBESPRECHUNGEN

Grundlagen der elektrischen Meßtechnik. Von *W. Richter*. Berlin: VEB Verlag Technik 1985. 308 Seiten, 321 Bilder, 38 Tafeln, 19,— M. Bestell-Nr.: 5534700

Eine durchgreifende Intensivierung der technischen Produktions- und Forschungsprozesse sowie die Steigerung der Qualität industrieller Erzeugnisse setzen voraus, daß die qualitätsbestimmenden Parameter durch meßbare Größen oder ihre meßbaren Stellvertreter objektiviert erfaßt werden können. Die stürmische Entwicklung der Mikroelektronik bewirkt, daß hierfür die elektrische Meßtechnik eine Schlüsselstellung einnimmt. Ein Buch mit den Grundlagen der elektrischen Meßtechnik ist deshalb sehr zu begrüßen.
Das oben genannte Buch behandelt Kenngrößen und Kennfunktionen für Meßeinrichtungen, Meßfehler bzw. Meßabweichungen sowie vor allem typische Funktionseinheiten, Meßgeräte und Meßsysteme von den Sensoren bis hin zu mikroprozessorgesteuerten Meßeinrichtungen. Auf charakteristische Meßmethoden und Meßstrategien wird anschaulich eingegangen.
Bezüglich der inhaltlichen Gestaltung überzeugt das Buch durch bewährten didaktischen Aufbau, durch straffe Gliederung nach Methoden, Geräten und Anwendungen sowie durch zahlreiche technische Illustrationen.
Hervorhebenswert ist ebenfalls die Praxisnähe des Buches mit vielen Beispielen aus Labor und Betrieb. Sie dienen als Anleitung zum Handeln im weiten Bereich der Meßtechnik. Insbesondere durch diese Beispiele wird der Zugang zum Fachgebiet und seinen spezifischen Problemstellungen außerordentlich erleichtert.
Das Buch ist all denen zu empfehlen, die sich als Studierende technischer Fachrichtungen in der Aus- und Weiterbil-

dung befinden. Ebenso können es Ingenieure mit Gewinn zu Rate ziehen, wenn sie Probleme der modernen elektrischen Meßtechnik zu lösen haben.

B 2136 *D. Hofmann*

Zeitdiskrete Steuerungssysteme. Von *M. Günther*. Berlin: VEB Verlag Technik 1986. 300 Seiten, 169 Bilder, 25 Tafeln, 30,— M.
Bestell-Nr.: 553 604 4

Der Einsatz von Digitalrechnern in der Automatisierungstechnik erfordert geeignete Beschreibungs-, Analyse- und Entwurfsmethoden für zeitdiskrete Steuerungssysteme. Das Buch behandelt diese Probleme, aufbauend auf dem Grundwissen zur automatischen Steuerung kontinuierlicher Systeme. In vier Abschnitten wird zunächst das Stoffgebiet methodisch aufbereitet: Mathematische Beschreibung zeitdiskreter Signale, Signalübertragung und Zustandsverhalten in linearisierten zeitdiskreten Systemen, Analyse des Stabilitäts-, Übertragungs- und Zustandsverhaltens, Synthese von Systemen ohne und mit Rückführungen.
Zentrale Bedeutung haben in diesen Kapiteln die diskrete Laplace-Transformation und die z-Transformation. Der ingenieurtechnische Umgang mit diesen mathematischen Verfahren zieht sich durch das gesamte Buch und wird an vielen Beispielen demonstriert. Tafeln mit Korrespondenzen und übersichtliche Rechenschemata erleichtern hierbei den Umgang mit dem mathematischen Apparat. Zur Beschreibung der Signalübertragung in zeitdiskreten Systemen wird auf die Verfahren der diskreten Gewichtsfunktion, der Differenzengleichungen, der diskreten Übertragungsfunktion sowie des Zustandsraumes orientiert. In den Abschnitten über Analyse und Synthese werden nur besonders typische und ingenieurtechnisch wichtige Aufgabenstellungen dargelegt. Hierzu gehören die Analyse der Steuer- und Beobachtbarkeit als grundlegende Systemeigenschaften und die Stabilitätsanalyse. Entwurfsprobleme werden beschränkt auf den prozeßnahen Bereich der diskontinuierlichen Meßwertverarbeitung sowie die Steuerung im offenen und geschlossenen Wirkungsablauf. Dabei geht der Verfasser auch auf realisierungsbedingte Effekte ein, die durch die Quantisierung und den Einsatz von Rechnern mit begrenzter Wortlänge entstehen. Auswirkungen auf das stationäre und dynamische Verhalten werden ebenso betrachtet wie die Einflüsse bei endlicher Abtastzeit, bei ungleichmäßiger und nichtsynchroner Tastung. Dabei erwies sich, daß für manche Problemkreise das Übertragen gebräuchlicher und eingeführter Ingenieurmethoden (z. B. Einstellregeln) auf den diskreten, stark amplitudenquantisierten Fall nicht zweckmäßig ist und moderne Entwurfshilfsmittel (z. B. digitale Simulation) anzuwenden sind. Eine Reihe derartiger Hinweise begleiten den vorwiegend theoretischen Inhalt des Buches und signalisieren dem Praktiker, in welcher Richtung sich das Fachgebiet durch moderne Theorien erweitert.
Das Buch stellt eine systematische Einführung der Steuerung kontinuierlicher Systeme mit zeitdiskreten Verfahren dar. Es wurde mit großer Sorgfalt erarbeitet, ist übersichtlich gegliedert und in der Darstellung klar und verständlich.
Übungen mit Lösungen nach jedem Kapitel helfen, den Stoff zu vertiefen. Das Buch richtet sich an Studenten der Fachrichtung Automatisierungstechnik/Technische Kybernetik und ist gleichzeitig als Hilfe für Ingenieure dieser Disziplin gedacht, die sich mit Problemen der rechnergestützten Automatisierungstechnik befassen.

B 2166 *W. Fritzsch*

Wie Kosten senken — Ergebnisse und Erfahrungen. Reihe Blickpunkt Wirtschaft. Autorenkollektiv. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1984. 48 Seiten, 2,70 M.

Mit der weiteren Durchsetzung der neuen Etappe der Intensivierung in allen Bereichen der Volkswirtschaft gilt es, das Verhältnis von Aufwand und Ergebnis weiter zu verbessern. In diesem Zusammenhang kommt der Senkung der Kosten je Leistungseinheit als dem zusammengefaßten Ausdruck des Verbrauches an vergegenständlichter und lebendiger Arbeit eine entscheidende Rolle zu. Ein Kollektiv führender Wirtschaftsfunktionäre geht davon aus und vermittelt sowohl aus der Sicht verschiedener volkswirtschaftlicher Bereiche als auch aus der Sicht der unterschiedlichsten Einflußfaktoren auf die Kosten Ergebnisse und Erfahrungen, wie zur Kostensenkung beigetragen werden kann. In einem einleitenden Abschnitt legt der Minister der Finanzen die grundlegenden Beziehungen zwischen umfassender Intensivierung und dem notwendigen hohen Tempo der Selbstkostensenkung dar. Es wird dabei auch auf die Probleme orientiert, auf die das Augenmerk zu richten ist, einen höchsten Nutzeffekt aus Wissenschaft und Technik, einer höheren Veredlung der Rohstoffe und Materialien, höhere Arbeitsproduktivität und Grundfondsökonomie u. a. Diese grundlegenden Gedanken werden von weiteren Autoren aufgegriffen und anhand konkreter betrieblicher Beispiele, die sehr instruktiv sind, nachgewiesen, zu welchen hohen Ergebnissen der Einsatz der Mikroelektronik, die Senkung des Material- und Energieeinsatzes, das schnelle Umsetzen von neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen in der Produktion auf dem Gebiet der Kostensenkung geführt haben. Dabei wird übereinstimmend hervorgehoben, daß in diesem Prozeß das Pflichtenheft, in das die Zielstellungen zur Kostensenkung aufzunehmen sind, das wichtigste Leitungsinstrument ist. Es wird auch darauf eingegangen, daß das Einbeziehen entsprechender Zielstellungen in die Wettbewerbsführung, die Kostenaufschlüsselung im Haushaltbuch wesentlich dazu beitragen, der volkswirtschaftlichen Zielstellung, Senkung des Produktionsaufwands und damit der Kosten zu entsprechen. Durch die Einbeziehung dieser Thematik in den Leistungsvergleich wird gleichzeitig die Beziehung zur ersten Broschüre, die in der Reihe „Blickpunkt Wirtschaft" erschienen ist, hergestellt.
Dieser Band ist eine unmittelbare Anleitung zum Handeln auf einem volkswirtschaftlich bedeutenden Gebiet.

B 2111 *G. Viehweger*

Höhere Programmiersprachen für Mikrorechner (in Russ.). Von *G. Chrotko*. Moskau: Institut für Probleme der Leitung 1985. 92 Seiten, 10 Bilder.

In der letzten Zeit ist ein qualitativer Sprung in den funktionellen Möglichkeiten der Mikrorechner erkennbar. Bei den 16- und 32-bit-Personalcomputern gehen diese weit über die Möglichkeiten der Minirechner hinaus und erreichen eine Leistungsfähigkeit, die bis vor kurzem nur Großrechnern vorbehalten war. Unter diesen Bedingungen ist die Versorgung der Mikrorechner mit leistungsfähigen modernen Programmiersprachen, insbesondere höheren, und mit Softwareentwicklungswerkzeugen eine aktuelle Aufgabe.
Das Buch ist das Ergebnis der Forschungsarbeit des Autors am Internationalen Institut für Probleme der Leitung in Moskau. Es beinhaltet einen Überblick über den gegenwärtigen Stand und analysiert den Zustand der Programmiersprachen und derjenigen Konzeptionen, die den wesentlichen modernen Sprachen für Mikrorechner zugrunde liegen. Dabei geht der Autor von den Anforderungen aus, die an die moderne Programmierung gestellt werden sowie von der Spezifik der Programmentwicklung für Mikroprozessorsysteme (Kap. 1). Behandelt werden klassische höhere Programmiersprachen, wie FORTRAN, BASIC, ALGOL-60, ALGOL-68, PL-1 und ihre Mikroprozessorvarianten (Kap. 2). Ausführlich wird die Konstruktion und Struktur derartiger moderner Sprachen (Kap. 3) untersucht sowie die Besonderheiten von Echtzeitprogrammiersprachen (Kap. 4) am Beispiel von PEARL behandelt. In den Kapiteln 5 bis 7 untersucht der Autor schließlich neben den bekannten modernen Programmiersprachen, wie PASCAL, MODULA-2 und ADA, auch die Besonderheiten von C, FORTH, CDL-2 sowie SMALLTALK und LOGO.

B 2122 *J.-A. Müller*

Hierarchie — Theorie und Methodologie (in Bulg.). Von *M. Kalaidjieva*. Sofia: Verlag der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften 1985. 257 Seiten, 40 Bilder, 12 Tafeln.

Hierarchie ist eines der wesentlichen Merkmale großer Systeme und aus diesem Grunde für den Kybernetiker und Systemanalytiker von speziellem Interesse. Vielfach wird dabei die strukturelle Hierarchie in den Mittelpunkt der Untersuchungen gestellt.
Ein besonderes Verdienst der bulgarischen Mathematikerin und Wissenschaftstheoretikerin *M. Kalaidjieva* ist es daher, ein Hierarchie-Konzept vorzulegen, das der Komplexität dieses Phänomens gerecht wird. Diese Komplexität besteht in der Behandlung der Hierarchie als philosophische Kategorie in Natur und Gesellschaft, als Mittel der Erkenntnis bei der Analyse und Synthese großer Systeme sowie als Instrument für Modellierung und Entwurf von Algorithmen und Systemen. Hierzu werden in 8 Kapiteln fundierte Aussagen über Grundbegriffe, Charakteristika, Typologie, Klassifikation, Organisation, Steuerung und Information in hierarchischen Systemen dargelegt.

Hervorzuheben ist die logische Art des Herangehens der Autorin, ihre klare Sprache und die instruktive Form der Darstellung durch zahlreiche Bilder, Tafeln und mathematische Beziehungen. Anwendung finden die entwickelten Modelle auf vielen Gebieten. Dazu zählen Kybernetik und Systemanalyse, Leitungswissenschaft und Informatik, Automatisierung und Organisation. Ein kurzes Kapitel ist der Struktur hierarchischer Organisationen gewidmet; interessant wäre eine Weiterführung auf die Hierarchie der Ziele, Entscheidungen und Algorithmen zur Steuerung komplexer Organisationssysteme in der Industrie — etwa in methodologisch gleicher Weise, wie dies für wissenschaftliche Forschungsprozesse dargestellt wird.
Wachsende Bedeutung erhält die Informationshierarchie. Hierzu entwickelt *M. Kalaidjieva* Grundsätze und Methoden zur Gestaltung automatisierter Leitungsinformationssysteme und ihrer Datenbasen, die von unmittelbar praktischem Nutzen sind.
Ausführliche Zusammenfassungen von jeweils 10 Seiten in englischer und russischer Sprache über Inhalt und wesentliche Aussagen, eine umfangreiche Zusammenstellung der verwendeten internationalen Literatur aus mehr als 10 Ländern sowie ein detailliertes Stichwörterverzeichnis bieten einen vorbildlichen Service für den Leser. Aufgrund der Aktualität der Thematik, des theoretischen Niveaus, der praktischen Anwendbarkeit der Resultate und der verständlichen Art der Darstellung ist dem Buch eine weite Verbreitung zu wünschen. Eine Übersetzung ins Deutsche ist zu empfehlen.

B 2110 *H.-G. Lauenroth*

Industrieroboter und Handhabungsgeräte. Von *K. Desoyer*, *P. Kopacek* und *I. Troch*. München/Wien: R. Oldenbourg Verlag 1985. 395 Seiten, 159 Bilder, 10 Tafeln.

Die Reihe der Fachbücher auf dem Gebiet der Industrieroboter-Technik wird durch das obengenannte in bedeutsamer Weise ergänzt. Sein besonderer Vorzug besteht darin, daß Vertreter von drei für diesen Problemkreis wichtigen Fachrichtungen als Autoren wirksam geworden sind, die auch in der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Industrieroboter und Handhabungsgeräte" an der TU Wien seit langem zusammenarbeiten. Sie vertreten in diesem Zusammenhang die Gebiete Mechanik, Regelungstechnik und Mathematik. Daraus ergibt sich auch, daß von den im Untertitel ausgewiesenen Komplexen „Aufbau, Dynamik, Steuerung, Regelung und Einsatz" die mit dem Entwurf und der Realisierung von Industrieroboter-Steuerungen/Regelungen zusammenhängenden Probleme eine besondere Wichtung erfahren.
Nach einführenden Darstellungen zur Einteilung und zum Aufbau von Handhabungsgeräten sowie zum Einsatz von Industrierobotern folgt ein umfassendes Kapitel zur Geometrie, Kinematik und Kinetik von Industrierobotern. Hier werden komplizierte Sachverhalte der Mechanik in einer klaren und übersichtlichen Weise dargestellt, so daß auch Vertreter anderer Disziplinen einen ausgezeichneten Zugang zu diesen Problemen erhalten. Der nachfolgende Komplex „Modellerstellung" sichert den Übergang zu Modellen, die aus steuerungstechnischer Sicht relevant sind. Neben Modellen von Greiferführungsgetrieben werden daher auch solche für Antriebe und Getriebe diskutiert. Damit sind die Voraussetzungen für die Behandlung der Steuerung und Regelung von Industrierobotern gegeben. Im Abschnitt „Regelung und Steuerung der Einzelachsen" werden die wesentlichsten bekannten Konzepte vorgestellt und gewertet. Das gleiche gilt für den Abschnitt „Bahnberechnung". Wegen des interdisziplinären Charakters der Gesamtproblematik empfinden viele Leser die Anhänge zu Grundlagen der Mechanik und der Regelungstechnik sicher als wertvolle Hilfe.
Den Verfassern ist es gelungen, insbesondere den an der Analyse und dem Entwurf von Industrieroboter-Steuerungen interessierten Lesern, die theoretischen Grundlagen in Einheit mit praktischen Aspekten näherzubringen.
In der klaren Gliederung, den verständlichen Darlegungen sowie der Anschaulichkeit bei der Stoffvermittlung spiegelt sich die große Lehrerfahrung der Autoren aber auch die Befähigung zur Behandlung der Probleme aus ingenieurtechnischer Sicht wider.

B 2135 *M. Günther*

Real-Time Dynamics of Manipulation Robots. Von *M. Vikobratović* und *N. Kirćanski*. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag 1985. 239 Seiten, 43 Bilder.

In der Serie Scientific Fundamentals of Robotics erschien 1985 von den beiden bekannten jugoslawischen Experten diese wissenschaftliche Arbeit zu einem Spezialgebiet der Robotertechnik. Sie wenden sich einem sowohl wirtschaftlich als auch technisch interessanten und modernen Gebiet der Robotertechnik zu. Es ist somit auch ein Verdienst der Autoren, zur Roboterdynamik ein geschlossenes Werk vorgelegt zu haben. In dem Buch werden folgende Schwerpunkte behandelt:

— Überblick über computergestützte Modellierung von Robotern
— Rechnergestützte Entwicklung der Roboterdynamik am Modell
— Generierung von numerisch-symbolischen Roboter-Modellen
— Modelloptimierung und Echtzeitprogrammgenerierung
— Beispiele für die Aussagen zu den obigen Schwerpunkten (Berechnung eines Zylinder-Roboters, Berechnung der Struktur eines Arthropoid-Manipulators und eines Anthropomorphic-Roboters).

Die Ausführungen zu diesen Spezialgebieten der Roboterdynamik stehen auf einem hohen wissenschaftlichen Niveau. Sowohl das begrenzte Fachgebiet als auch die theoretische Darstellung werden dem Buch nur einen kleinen Leserkreis bescheren. Um so mehr ist dem Verlag zu danken, dennoch dieses Buch herausgebracht zu haben.
Gewonnen hätte die Darstellung noch, wenn die Arbeiten von *Freund* einbezogen worden wären und der Aspekt der Roboterregelung eine größere Beachtung gefunden hätte.
Das Buch ist allen zu empfehlen, die sich mit der dynamischen Auslegung von Robotern befassen. Sie werden viele methodische Anregungen und Ideen finden.

B 2079 *H. Fuchs*

Grundkurs der Regelungstechnik. Einführung in die praktischen und theoretischen Methoden. Von *L. Merz* und *H. Jaschek*. München/Wien: R. Oldenbourg Verlag 1985. 293 Seiten, 267 Bilder, 35 Tafeln.

Für Ingenieure und Studenten der technischen Wissenschaften ist es von wesentlicher Bedeutung, sich mit den grundlegenden klassischen Methoden der Regelungstechnik wirklich auszukennen, um sie differenziert einsetzen zu können. Der Aufgabe, diese Kenntnisse in ingenieurgemäßer anschaulicher Weise mit einem relativ geringen mathematischen Aufwand, aber trotzdem exakt, zu vermitteln, widmet sich der Grundkurs.
Das Erscheinen dieses Grundlagenlehrbuchs in der 8. Auflage (völlig überarbeitet von *H. Jaschek*, der auch folgende Auflagen betreuen wird) macht deutlich, daß die Stoffauswahl und die Art der Vermittlung den Bedürfnissen des (angehenden) Ingenieurs in starkem Maße entgegenkommt. In 6 Kapiteln wird das wesentliche regelungstechnische Rüstzeug dargestellt. An zahlreichen praktischen Beispielen werden Regelungs- und Steuerungsaufgaben, die dazu benutzten Steuerungs- und Regelungsstrukturen sowie die erforderlichen funktionellen Bauglieder im Regelkreis und in der Steuerkette erläutert. Zur Beschreibung des Eingangs-/Ausgangsübertragungsverhaltens von Systemen werden Differentialgleichungen, Übertragungsfunktionen und Antworten auf spezielle Testsignale herangezogen.
Leider findet sich auch hier, wie in zahlreichen anderen Büchern, die unnötige Annahme verschwindender Anfangswerte beim Übergang zur Übertragungsfunktion, die im Widerspruch zu zahlreichen abgebildeten Sprungantworten steht. Unter einheitlichen Gesichtspunkten werden mathematische Modelle für lineare Übertragungsglieder aufgestellt und Übertragungsgliedgrundtypen von Regelstrecken und Reglern erläutert. Die grafische Darstellung des Frequenzganges als PN-Bild, Ortskurve und Bode-Diagramm vervollständigt die Beschreibungsmöglichkeiten.
Schwerpunkt des Buches, auch vom Umfang her, bildet das Kapitel zum Entwurf von Regelkreisen für Eingrößensysteme. Nach einer Betrachtung zu Stabilitätskriterien (*Hurwitz*, *Nyquist*), Regelgüte und Empfindlichkeit werden stetige Regler im Zeitbereich nach den bekannten Einstellregeln (*Ziegler*, *Nichols*; *Chien* u. a.; *Kessler*; *Naslin*) und im Frequenzbereich mit den Frequenzkennlinien und dem Wurzelortsverfahren entworfen. Regelungen mit Zwei- bzw. Dreipunktregler mit und ohne Rückführung runden die Darstellung ab.
Die Einführung in die Regelungstechnik wird mit einem Überblick zum Einsatz von Digitalrechnern zur Prozeßlenkung abgeschlossen. Dabei werden quasistetige Regelalgorithmen einbezogen. Ein Beispiel des Rechnereinsatzes in einem

Dampfkraftwerk verdeutlicht den Umfang der durch den Rechner zu lösenden Aufgaben.
Das Buch zeichnet sich durch eine methodisch gut aufgebaute, klare und prägnante Darstellung aus, die stets praxisorientiert bleibt. Trotz Schreibsatz liegt ein gut lesbares und gut ausgestattetes Buch vor.
Wünschenswert wäre eventuell eine Ergänzung des Literaturverzeichnisses um weiterführende Literatur. Zu erwägen wäre auch die Einbeziehung rechentechnischer Hilfsmittel.
Der Grundkurs kann nicht nur dem o. g. Leserkreis wärmstens empfohlen werden, auch Lehrern entsprechender Fachrichtungen an Hoch- und Fachschulen wird er eine willkommene Hilfe sein.

B 2134 *J. Wede*

Stochastic Processes in Engineering Systems. Von *E. Wong* und *B. Hajek*. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag 1985. 361 Seiten.

Das Buch beschäftigt sich mit der Beschreibung stochastischer Prozesse und ihrer Anwendung auf dynamische Systeme, wobei im Mittelpunkt die Behandlung stochastischer Prozesse 2. Ordnung, stochastischer Integrale und stochastischer Differentialgleichungen steht. Die insgesamt acht Kapitel lassen sich in vier Abschnitte einteilen.
Im ersten Abschnitt (Kapitel 1 und 2) erfolgt eine Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und die Theorie zufälliger Prozesse. Hier werden alle für die weiteren Betrachtungen wichtigen Begriffe wie zufälliges Ereignis, Wahrscheinlichkeit, meßbarer Raum, Erwartungswert, Stationarität, Ergodizität und die verschiedenen Typen von stochastischen Prozessen definiert und erläutert.
Im zweiten Abschnitt (Kapitel 3) werden ausführlich die zufälligen Prozesse 2. Ordnung behandelt. Nach der Definition dieser Prozesse werden lineare Operationen, die Stationarität im weiteren Sinne, die Spektraldarstellung, Tief- und Bandpaßprozesse, weißes Rauschen und als Anwendung die Wiener- sowie Kalman-Bucy-Filter betrachtet.
Im dritten Abschnitt (Kapitel 4) werden das stochastische Integral (Ito-Integral) und die stochastischen Differentialgleichungen beschrieben. Hier wird zuerst das stochastische Integral definiert, und anschließend werden einige Anwendungen davon diskutiert. Danach erfolgt die Behandlung stochastischer Differentialgleichungen, wobei besonders auf solche mit weißem Rauschen als Eingangsfunktion eingegangen wird. Den Abschluß dieses Abschnitts bilden eine Verallgemeinerung des stochastischen Integrals und die Behandlung der Diffusionsgleichungen.
Im vierten Abschnitt (Kapitel 5 bis 8) werden schließlich Anwendungen der im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Theorie und einige Erweiterungen behandelt. Dazu gehören eindimensionale Diffusionsprozesse, Erkennungs- und Filterprobleme, zufällige Felder und die Theorie der Martingale.
Das Buch wendet sich an Studenten der Mathematik und der Ingenieurwissenschaften, deren primäres Interesse in der Anwendung der Theorie der stochastischen Prozesse auf technische und nichttechnische Systeme besteht. Aufgrund der klaren Darstellung, der guten Übersichtlichkeit und der am Ende eines jeden Kapitels angegebenen Übungsaufgaben ist es besonders zum Selbststudium geeignet. Es bildet eine wertvolle Bereicherung der vorhandenen Literatur über die Theorie stochastischer Prozesse.

B 2119 *G. Bretthauer*

Laser/Optoelektronik in der Technik 1985. Vorträge des 7. Internationalen Kongresses Laser '85 Optoelektronik. Herausgeber: *W. Waidelich*. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag 1986. 834 Seiten, 682 Bilder.

Im Rahmen der seit 1973 alle zwei Jahre stattfindenden Kongreßmesse LASER OPTOELECTRONICS werden internationale Kongresse veranstaltet. Die Vorträge des 7. Kongresses aus dem Technikbereich werden nun in Buchform vorgelegt. Über die stürmisch wachsende Bedeutung der Lasertechnik für alle Bereiche von Wissenschaft und Technik muß hier nicht referiert werden. Die Themengruppen und die Anzahl der Vorträge lassen aber die gegenwärtigen Schwerpunkte erkennen: Laser-Systeme (25 Beiträge), Laser-Komponenten (6), Laser- und optische Meßtechnik (20), Holografische Interferometrie (8), Laser in der Materialbearbeitung (37), Optoelektronische Nachrichtentechnik (7), Laser und Optoelektronik in der Umweltmeßtechnik (12), Laser und Optoelektronik in der Weltraumtechnik (10), Laser-Anwendung in der Chemie (7), Optoelektronische Sensorsysteme (1), Optoelektronische Bildanalyse, -verarbeitung und -speicherung (3), Einzelthemen (6), Laser als Wirtschaftsfaktor (7). Gerade die letztgenannte Themengruppe weist in Verbindung mit dem Einsatz in der Materialbearbeitung, der Meß- und Umwelttechnik nachdrücklich darauf hin, daß der Laser aus der Phase von „promotion and pessimism" längst in das Stadium von „acceptance and application" eingetreten ist.
Aus dem Bereich der Meßtechnik fielen dem Rezensenten besonders auf: Ein neues Konzept für ein optischer Radar, für dessen Einsatz in einem Roboterkopf eine Entfernungsauflösung von 1 mm und eine Winkelauflösung von einigen Milliradiant genannt werden; ein Zweikomponenten-Doppler-Laseranemometer; ein Laserscanner zur Strichkode-Erfassung in der Materialflußtechnik; Schwingungsmessungen an großflächigen Bauteilen; Wellenlängen- und Leistungsmessung monochromatischen Lichts ohne Filter, Prismen und Gitter. Hinzu kommen überzeugende Einsatzfälle in der Umweltmeßtechnik, z. B. zur großräumigen Überwachung industrieller Ballungsgebiete, oder Überlegungen zur künftigen integrierten Optik und zu lokalen Netzen mit Lichtwellenleitern. Wegen dieser „Bandbreite" ist das Buch nicht nur Laserspezialisten, sondern gerade auch potentiellen Anwendern aus Bereichen, wie sie aus den o. g. Themengruppen hervorgehen, zu empfehlen. Wenn auch Flexibilität, Qualität und Effektivität den Einsatz jeder neuen Technologie bestimmen, sind es bei der Lasertechnik vor allem die erzielbaren neuen Qualitäten, die größtes Interesse verdienen.
Selbstverständlich kann ein Tagungsband nicht den Anspruch erheben, eine vollständige Übersicht über ein Fachgebiet zu geben — ein Kongreß lebt schließlich von den eingereichten Beiträgen, und die Proceedings von den eingegangenen Fassungen der Autoren. So sind an einigen Stellen nur Kurzfassungen wiedergegeben, die dem Leser, falls er nicht gerade Kongreßteilenhmer war, kaum mehr als der Vortragstitel sagen.
Die vorzügliche Wiedergabe und Ausstattung entsprechen dem Ruf des Verlagshauses.

B 2133 *W. Richter*

Numerical Studies in Nonlinear Filtering. Von *Y. Yavin*. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag 1985. 273 Seiten, 144 Bilder.

Das Buch beschäftigt sich mit der Ermittlung endlich dimensionaler Filter für nichtlineare Zustandsschätzprobleme. Hierfür werden einige neue Algorithmen, die auf einer von *Fujisaki, Kallianpur* und *Kunita* abgeleiteten Lösungsformel beruhen, vorgestellt.
In insgesamt neun Kapiteln werden dabei die folgenden Problemstellungen behandelt:

- Schätzung der Parameter eines nichtlinearen, kontinuierlichen Systems aus Zustandsbeobachtungen
- Lösung des nichtlinearen Filterproblems durch eine Approximation mit Hilfe kontinuierlicher Markov-Ketten
- Ermittlung eines diskreten Kalman-Filters für eine Klasse von nichtlinearen Systemen
- Bestimmung von Näherungsfiltern für kontinuierliche Systeme mit unterbrochenen Beobachtungen
- Schätzung des Systemzustandes bei mehreren möglichen Zielen
- Parameter- und Zustandsschätzung eines kontinuierlichen Systems durch eine Approximation mittels Markov-Ketten
- Zustandsschätzung eines kontinuierlichen Systems bei Einwirkung von Wiener- und Poisson-Prozessen
- Vorhersage mittels Markov-Ketten-Approximation
- Einige Erweiterungen der linearen Filtertheorie.

Anhand zahlreicher Beispiele wird die Leistungsfähigkeit und die Anwendbarkeit der hierfür vorgeschlagenen Algorithmen gezeigt.
Das Buch wendet sich an Mathematiker und Ingenieure, die sich mit der Ableitung und Implementierung endlich dimensionaler Filter für nichtlineare Filterprobleme beschäftigen. Hierbei werden vom Leser entsprechende mathematische Kenntnisse über die Theorie stochastischer Prozesse und die Theorie der Optimalfilter vorausgesetzt.
Wegen des breiten Spektrums der behandelten Problemstellungen, seiner zahlreichen Beispiele und der am Ende eines jeden Kapitels zusammengestellten Literatur ist das Buch eine wertvolle Informationsquelle für den interessierten Leser.

B 2120 *G. Bretthauer*

KURZFASSUNGEN

Müller, F.:

Lokale Testverfahren zur Fehlerdiagnose in rechnergestützten Automatisierungssystemen

msr, Berlin 29 (1986) 10, S. 434–438

Beim Einsatz von Mikrorechnern in der Prozeßrechentechnik sind die Probleme der Zuverlässigkeit und Sicherheit von besonderem Interesse. Prinzipiell wird zwischen den Kategorien Fehlervermeidung, Fehlerdiagnose und Fehlertoleranz unterschieden. Die im Beitrag näher beschriebenen Erfahrungen mit lokalen Testverfahren zur Fehlerdiagnose führen vor allem zur Erhöhung der Sicherheit der eingesetzten Systeme. Ausgewählte Selbsttestverfahren werden für U880-Systeme implementiert, über konkrete Softwarelösungen wird berichtet.

Müller, G.:

Phasenmodell der Projektierung und Realisierung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen

msr, Berlin 29 (1986) 10, S. 438–442

Für die Projektierungsphasen Konzipierung, Entwurf und Ausführungsprojektierung, die Realisierungsphasen stationäre Fertigung, Anlagenmontage und Inbetriebsetzung sowie die Vervollkommnung, intensive Nutzung und Vorbereitung der Ablösung wird ein Modell vorgestellt. Der niveaugestufte Entscheidungsprozeß mit den strategischen, taktischen, operativen und interaktiv-operativen Entscheidungen wird am Beispiel der Automatisierungsmittel behandelt.

Viehweger, G.:

Effektivität der rechnergestützten Projektierung

msr, Berlin 29 (1986) 10, S. 443–445

Im Beitrag wird ein Instrumentarium zur Berechnung der Effektivität von Maßnahmen der rechnergestützten Projektierung dargestellt. Neben der Erfassung des Aufwands wird auf die Quantifizierung der Nutzenselemente als Primär- und als Folgenutzen eingegangen. Für die Beurteilung der maßnahmebezogenen Effektivität werden anhand einer nomografischen Darstellung die Zusammenhänge zwischen Anwendungshäufigkeit, Aufwandsgrößen und Nutzenselementen aufgezeigt.

Biedermann, D.:

Nullstellenbestimmung für Mehrgrößensysteme mit Hilfe von Strukturgraphen

msr, Berlin 29 (1986) 10, S. 445–447

Aus dem Strukturgraphen eines linearen zeitinvarianten Mehrgrößensystems mit einer Stör- und einer Regelgröße wird das Nullstellenpolynom aufgestellt. Unabhängig davon läßt sich die Häufigkeit von Nullstellen auf der gleichen Basis bestimmen. Dabei wird zwischen parameterabhängigen und strukturbedingten Nullstellen unterschieden.

Bergmann, J.:

Gestalten von Lern- und Trainingsprozessen in Prozeßwarten

msr, Berlin 29 (1986) 10, S. 448–452

Ausgehend von der Notwendigkeit einer kontinuierlichen, planmäßigen und anforderungsspezifischen Weiterentwicklung der Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten des Bedienpersonals in hochautomatisierten verfahrenstechnischen Anlagen wird eine neue Konzeption für ein Training in Prozeßwarten vorgestellt. Dabei werden Beziehungen zwischen sichtbaren und psychischen Strukturkomponenten der Wartentätigkeit herausgearbeitet, wartenspezifisch relevante Anforderungs- und Voraussetzungsmerkmale analysiert, methodische Fragen diskutiert sowie Wechselwirkungsprozesse zwischen der Wartengestaltung und der Weiterbildung aufgezeigt.

Karovič, K.; Keppert, M.:

Digitale Auswertung rechteckiger Meßsignale

msr, Berlin 29 (1986) 10, S. 455–457

Es wird der Einfluß der Sprungstellenfluktuationen in einem periodischen Rechtecksignal auf die Verteilung der digitalen Meßwerte bei der Bestimmung der Zeitdifferenz der Pegeldauern 1 und 0 im Rechtecksignal analysiert. Die Meßwerte und ihre Wahrscheinlichkeiten für verschiedene Fälle werden angegeben.

Bennewitz, W.; Ulbricht, M.; Stechert, H.:

Ein CAD-System zur Projektierung und Konstruktion von MSR-Anlagen

msr, Berlin 29 (1986) 10, S. 461–464

Im Beitrag wird ein CAD-System zur Projektierung und Konstruktion von MSR-Anlagen vorgestellt. Das CAD-System beinhaltet einen quasigrafischen Arbeitsplatz zur Erarbeitung von Funktionsschaltplänen und ein System zur Erstellung von Verdrahtungsunterlagen. Beide Arbeitsplätze werden in ihrer grundsätzlichen Arbeitsweise beschrieben. Die Zusammenarbeit beider Systeme wird als Einheit dargestellt.

РЕЗЮМЕ

Müller, F.:

Локальные методы проверки для диагноза ошибок в системах автоматизации при применении вычислительной машины

msr, Berlin 29 (1986) 10, стр. 434–438

При применении микровычислителей в вычислительной технике процессов проблемы надежности и безпасности являются особенно интересными. Принципиально, различают между категориями избежания ошибок, диагноза ошибок и допуска ошибок. Более подробно описанный в статье опыт с локальными методами проверки для диагноза ошибок, прежде всего, приводит к повышению надежности применяемых систем. Выбранные методы самопроверки имплементируются для систем У880; доложено о конкретных решениях математического обеспечения.

Müller, G.:

Фазовая модель проектирования и реализации микровычислительных установок автоматизации

msr, Berlin 29 (1986) 10, стр. 438–442

Представлена модель для фаз проектирования концинирования, разработки и проектирования выполнения, для фаз реализации стационарного изготовления, монтажа установок и внедрения в эксплуатацию, а также для совершентсвования, интенсивного использования и подготовки замены. На примере средств автоматизации рассмотрен с отдельными уровнями процесс со стратегическими, тактическими, оперативными и интерактивно-оперативными решениями.

Viehweger, G.:

Эффективность проектирования при применении вычислительной машины

msr, Berlin 29 (1986) 10, стр. 443–445

В статье представлен набор инструментов расчета эффективности мероприятий по проектированию при применении вычислительной машины. Наряду с регистрацией затрат остановятся на квантификации элементов выгоды как первичной и как последующей выгод. Для оценки эффективности по отношению к отдельным мероприятиям показаны на основе номографического изображения связи между частотой применения, величинами затрат и элементами выгоды.

Biedermann, D.:

Определение нулевых точек для систем с несколькими величинами с помощью структурных графов

msr, Berlin 29 (1986) 10, стр. 445–447

Из структурного графа линейной неизменной во времени системы с несколькими величинами с возмущающим воздействием и регулируемым параметром составлен полином нулевой точки. Независимо от этого возможно определение частоты нулевых точек на одинаковой озпове. При этом, различают между нулевыми точками, зависящими от параметров и обусловленными структурой.

Bergmann, J.:

Оформление процессов обучения и тренировки на контрольных пунктах процессов

msr, Berlin 29 (1986) 10, стр. 448–452

Исходя из необходимости непрерывного планомерного и специфического для отдельных требований дальнейшего развития знаний, способностей и хорошего выполнения обслуживающего персонала в высокоавтоматизированных технологических установках представлена новая концепция для тренировки на контрольных пунктах процессов. При этом определены связи между видимыми и психическими компонентами структуры работы контрольных пунктов, анализированы специфические для контрольных пунктов релевантные признаки требований и предпосылок, обсуждены методические вопросы, а также показаны процессы взаимодействия между оформлением контрольных пунктов и дальнейшим созданием.

Karovič, K.; Keppert, M.:

Цифровая оценка прямоугольных измерительных сигналов

msr, Berlin 29 (1986) 10, стр. 455–457

Анализировано влияние флуктуаций точек скачка в периодическом прямоугольном сигнале на распределение цифровых измеряемых значений при определении разности времени продолжительности уровней 1 и 0 в прямоугольном сигнале. Указаны измеряемые значения и их вероятности для различных случаев.

Bennewitz, W.; Ulbricht, M.; Stechert, H.:

Система САПР для проектирования и конструкции установок измерения, управления и регулирования

msr, Berlin 29 (1986) 10, стр. 461–464

В статье представлена система САПР для проектирования и конструкции установок в области измерения, управления и регулирования. Система САПР содержит квазиграфическое рабочее место для разработки функциональных схем и систему для разработки документов электрического монтажа. Оба рабочие места описаны в их принципиальной работе. Совместная работа обеих систем изображена как одно целое.

SUMMARIES

Müller, F.:

Local Test Methods in the Error Diagnosis of Computer-Based Automation Systems

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 434—438

Reliability and safety are particularly important with the use of microcomputers in process automation. In principle it is distinguished between the categories error avoidance, error diagnosis and error tolerance. The experiences with local test methods for error diagnosis described in detail in the contribution lead to an increase of safety in the systems employed. Selected self-testing methods are implemented for U880 systems, special software solutions being delt with.

Müller, G.:

A Phase Model of Projecting and Realizing Microcomputer-Based Automation Systems

msr, Berlin 29 (1896) 10, pp. 438—442

The author presents a model for the projecting phases of conception, design and realization projecting, the realization phases of workshop manufacturing, system assembly and putting into operation as well as for the perfection, intensive use and preparation of the replacement of the system. The discrete decision process containing strategic, tactical, operative and interactively operative decisions is treated by use of the example of the automation means.

Viehweger, G.:

On the Efficiency of the Computer-Aided Projecting

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 443—445

The author presents a tool for calculating the efficiency of measures of the computer-aided projecting. Besides the acquisition of the expense the quantification of the benefit elements as primary and secondary benefit is treated. For judging the efficiency related to measures the relations between the application frequency, the application quantities and the benefit elements are shown by means of a nomographic representation.

Biedermann, D.:

Determination of Zeros for Multivariable Systems by Means of Structural Graphs

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 445—447

The zero polynomial of a linear time-invariant multivariable system with one perturbation and one controlled variable is established on the basis of the structural graph. Independently upon it the frequency of zeros can be determined in the same way. With this the author distinguishes between parameter-dependent and structurally conditioned zeros.

Bergmann, J.:

Planning the Learning and Training Processes for Control Room Staff

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 448—452

Starting from the necessity of a continuous systematic and adequate further development of the knowledge, capacities and skill of the operating personnel in highly automated technological plants the author presents a new conception for a training in control rooms. With this, he elaborates the visible and psychological structural components of the control room activities, analyses the features of demand and presupposition relevant to the control room ,discusses methodic questions as well as interaction processes between the control room design and the continued professional training.

Karovič, K.; Keppert, M.:

Digital Evaluation of Rectangular Measuring Signals

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 455—457

The authors analyse the influence of the fluctuations of the points of jump discontinuity in a periodic rectangular signal upon the distribution of the digital measuring values with the determination of the time difference of the level durations 1 and 0 in the rectangular signal. The measuring values and their probabilities are given for different cases.

Bennewitz, W.; Ulbricht, M.; Stechert, H.:

A CAD System for Projecting and Constructing Automation Systems

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 461—464

The authors present a CAD system for projecting and constructing automation systems. The CAD system comprises a quasi-graphic working station for the elaboration of functional circuit diagrams and a system for establishing the wiring documents. Both working stations are described as to their basic functioning, their cooperation being represented as a unit.

RÉSUMÉS

Müller, F.:

Les méthodes de test locales pour le diagnostic d'erreurs dans les systèmes d'automatisation basés sur micro-ordinateurs

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 434—438

La fiabilité et la sécurité sont pariculièrement importantes pour l'emploi des micro-ordinateurs dans l'automatisation. En principe, on distingue entre les catégories de l'évitement d'erreurs, du diagnostic d'erreurs et de la tolérance d'erreurs. Les expériences avec les méthodes de test locales pour le diagnostic d'erreurs décrites en détail dans la contribution conduisent à une augmentation de la sécurité des systèmes employés. Des méthodes d'autotest choisies sont implantées pour les systèmes U880, des solutions logiciel spécialisées étant traitées.

Müller, G.:

Un modèle à phases de la projection et de la réalisation des systèmes d'automatisation basés sur micro-ordinateurs

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 438—442

L'auteur présente un modèle pour les phases de projection du concept, de la conception et de la projection d'exécution et les phases de réalisation de la fabrication d'atelier, de l'assemblage de système et de la mise en marche ainsi que le perfectionnement, l'utilisation intensive et la préparation du remplacement du système: Le processus de décision discret contenant des décisions stratégiques, tactiques, opératives et interactivement opératives est traité à l'aide de l'exemple des moyens d'automatisation.

Viehweger, G.:

L'efficacité de la projection assistée par ordinateur

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 443—445

L'auteur présente un outil pour le calcul de l'efficacité des mesures de la projection assistée par ordinateur. Outre l'acquisition de la dépense, on s'occupe de la quantification des éléments de profit comme profit primaire et profit secondaire. Pour le jugement de l'efficacité rapportée aux mesures, les relations entre la fréquence d'application, les grandeurs d'application et les éléments de profit sont montrées à l'aide d'une représentation nomographique.

Biedermann, D.:

La détermination des zéros pour les systèmes à plusieurs variables par les graphes des structure

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 445—447

Le polynôme de zéros d'un système linéaire invariant en temps à plusieurs variables avec une grandeur perturbatrice et une variable à asservir est établi à partir du graphe structural. Indépendamment de cela, la fréquence des zéros peut être déterminée de la même manière. Avec cela, on distingue entre les zéros dépendant des paramètres et ceux-là dépendant de la structure.

Bergmann, J.:

Le façonnage des processus d'apprentissage et d'entraînement dans les salles de contrôle

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 448—452

A partir de la nécessité d'un ultérieur développement adéquat systématique continu des connaissances, capacités et routines du personnel de conduite dans les installations technologiques automatisées sur une grande échelle, l'auteur présente une nouvelle conception pour un entraînement dans les salles de contrôle. Avec cela, il élabore les relations entre les composants de structure visibles et psychologiques de l'activité dans la salle de contrôle, analyse des caractéristiques d'exigence et de présupposition spécifiques pour la salle de contrôle et discute des questions méthodiques ainsi que les processus interactifs entre le façonnage de la salle de contrôle et la formation permanente du personnel.

Karovič, K.; Keppert, M.:

L'évaluation numérique de signaux de mesure rectangulaires

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 455—457

Les auteurs analysent l'influence des fluctuations des points de saut dans un signal rectangulaire périodique sur la distribution des valeurs de mesure numériques en déterminant la différence de temps des durées de niveau 1 et 0 dans le signal rectangulaire. Les valeurs de mesure et leurs probabilités sont données pour des cas différents.

Bennewitz, W.; Ulbricht, M.; Stechert, H.:

Un système de CAO pour la projection et la construction des systèmes d'automatisation

msr, Berlin 29 (1986) 10, pp. 461—464

Les auteurs présentent un système de CAO pour la projection et la construction des systèmes d'automatisation. Le système de CAO comprend un poste de travail quasi-graphique pour l'élaboration des schémas de circuit fonctionnels et un système pour l'établissement des documents de câblage. Les deux postes de travail sont décrits quant à leur fonctionnement de principe, leur coopération étant représentée comme unité.

Hierbei handelt es sich um neue Titel aus der UdSSR, die dem sowjetischen Neuerscheinungsdienst „Novye knigi" entnommen sind. Die Bücher können über den Volksbuchhandel bestellt werden.

[1] *Frolova, G.*: Pedagogičeskie vozmožnosti EVM (Pädagogische Möglichkeiten der EDV-Anlagen). Nauka. 3. Quart. 1987. NK 86–14 (63).
[2] *Rubašov, I.*: Kompjuternaja tomografija (Computertomographie). Nauka. 2. Quart. 1987. NK 86–14 (64).
[3] Informatika i progress nauki (Informatik und Fortschritt der Wissenschaft). Nauka. 4. Quart. 1987. NK 86–14 (65).
[4] Personal'nye komp'jutery: informatika dlja vsech (Personalcomputer: Informatik für alle). Nauka. 1. Quart. 1987. NK 86–14 (66).
[5] *Semenjuk, E.*: Informatika: dostiženija, perspektivy, vozmožnosti (Informatik: Errungenschaften, Perspektiven, Möglichkeiten). Nauka. 2. Quart. 1987. NK 86–14 (67).
[6] *Vorkuev, B.*: Analiz rešenij ekonomiko-matematičeskich modelej (Analyse der Lösungen mathematisch-ökonomischer Modelle). Izd-vo Mosk. un-ta. 3. Quart. 1986. NK 86–15 (58).
[7] Sistemnoe programmirovanie i voprosy optimizacii (Systemprogrammierung und Fragen der Optimierung). Izd-vo Mosk. un-ta. 2. Quart. 1987. NK 86–15 (60).
[8] *Güjazov, S.*: Metody rešenija linejnych nekorrektnych zadač (Methoden zur Lösung linearer nicht korrekt gestellter Aufgaben). Izd-vo Mosk. un-ta. 1. Quart. 1987. NK 86–15 (63).
[9] Matematičeskie modeli i vyčislitel'nye metody (Mathematische Modelle und rechentechnische Methoden). Izd-vo Mosk. un-ta. 3. Quart. 1987. NK 86–15 (65).
[10] *Morozov, V.*: Metody reguljarizacii neustojčivych zadač (Methoden zur Regularisierung instabiler Aufgaben). Izd-vo Mosk. un-ta. 2. Quart. 1986. NK 86–15 (66).
[11] *Betelin, V.; Bogomolov, S.; Muraškin, A.*: Mnogoterminal'naja dialogovaja sistema EKSPRESS dlja ESEVM (Dialogsystem EKSPRESS für mehrere Terminals der ES EDV-Anlagen). Izd-vo Mosk. un-ta. 4. Quart. 1987. NK 86–15 (239)
[12] Osnovy teorii i elementy sistem avtomatičeskogo regulirovanija (Grundlagen der Theorie und Elemente von Systemen der automatischen Steuerung). Metallurgija. 1. Quart. 1987. NK 86–15 (282).
[13] *Kotov, K.; Šeršever, M.*: Avtomatičeskoe regulirovanie i reguljatory (Automatische Regelung und Regler). Metallurgija 4. Quart. 1987. NK 86–15 (314).
[14] *Tichomirov, A.*: Modelirovanie processov upravlenija v mnogootraslevych narodnochozjastvennych kompleksach (Modellierung der Prozesse der Steuerung in volkswirtschaftlichen Verflechtungskomplexen). Nauka. 4. Quart. 1986. NK 86–16 (59).
[15] Sovremennye sredstva informatiki (Moderne Mittel der Informatik). Nauka. 4. Quart. 1986. NK 86–16 (79).
[16] Eksperimenty s mašinnym zreniem (Experimente mit maschinellem Sehen). Nauka. 4. Quart. 1986. NK 86–16 (78).
[17] *Bojadžieva, L.; Vučkov, I.; Solakov, E.*: Prikladnoj linejnyj regressionnyj analiz (Angewandte lineare Regressionsanalyse). Finansy i statistika. 1. Quart. 1987. NK 86–17 (16).
[18] *Chettmansperger, T.*: Statističeskie vyvody, osnovannye na rangach (Statistische Schlußfolgerungen, die sich auf Ränge gründen. Übers. aus dem Engl.). Finansy i statistika. 3. Quart. 1987. NK 86–17 (82).
[19] *Sil'vestrov, D.*: Programmno-algoritmičeskoe obespečenie prikladnoj statistiki (Algorithmische Absicherung der angewandten Statistik). Finansy i statistika. 4. Quart. 1987. NK 86–17 (87).
[20] *Chej, Dž.*: Vvedenie v metody bajesovskogo statističeskogo vyvoda (Einführung in die Methoden der Bayesschen statistischen Schlußfolgerung). Finansy i statistika. 2. Quart. 1987. NK 86–17 (88).
[21] *Appak, M.*: Avtomatizirovannye rabočie mesta na baze mikro EVM „Iskra 226" (Rechnergestützte Arbeitsplätze auf Grundlage der EDV-Anlage „Iskra 226"). Finansy i statistika. 4. Quart. 1987. NK 86–17 (120).
[22] *Balasanjan, V.; Bogdjukevič, S.; Šachverdov, V.*: Programmirovanie na mikro EVM „Iskra 226" (Programmierung auf dem Mikrorechner „Iskra 226"). Finansy i statistika. 1. Quart. 1987. NK 86–17 (121).
[23] *Dojl, U.*: Tabličnyj processor Superkalk dlja personal'nogo kompjutera (Tabellenkalkulationsprozessor Supercalc für Personalcomputer. Übers. aus dem Engl.). Finansy i statistika. 4. Quart. 1987. NK 86.17 (124).
[24] Mikro EVM dlja vsech (Mikrorechner für alle). Finansy i statistika. 4. Quart. 1987. NK 86–17 (125).
[25] *Morril, G.*: Bejsik dlja PK IBM (BASIC für IBM Personalcomputer. Übers. aus dem Engl.). Finansy i statistika. 3. Quart. 1987. NK 86–17 (126).
[26] Operacionnaja sistema OS ES (Operationssystem OS ES). Finansy i statistika. 4. Quart. 1987. NK 86–17 (127).
[27] Sistema upravlenija bazami dannych DISOD (System zur Steuerung von Datenbanken DISOD). Finansy i statistika 3. Quart. 1987. NK 86–17 (129).
[28] *Chauzer, D.; Chirt, Dž.; Choukins, B.*: Operacionnaja sistema MS-DOS (Operationssystem MS-DOS. Übers. aus dem Engl.). Finansy i statistika. 2. Quart. 1987. NK 86–17 (133).
[29] *Elti, Dž.; Kumbs, M.*: Ekspertnye sistemy (Expertensysteme. Übers. aus dem Engl.). Finansy i statistika. 1. Quart. 1987. NK 86–17 (134).
[30] Konstrukcii promyšlennych robotov (Konstruktion von Industrierobotern). Vysš. škola. 3. Quart. 1987. NK 86–17 (242).
[31] Obščie svedenija o promyšlennych robotach (Allgemeine Kenntnisse über Industrieroboter). Vysš. škola. 3. Quart. 1987. NK 86–17 (270).
[32] Promyšlennye roboty dlja obsluživanija metallorežuščich stankov (Industrieroboter zur Bedienung von metalltrennenden Werkbänken). Vysš. škola. 3. Quart. 1987. NK 86–17 (283).
[33] Promyšlennye roboty dlja obsluživanija oborudovanija različnogo technologičeskogo naznačenija (Industrieroboter zur Bedienung von Anlagen verschiedener technologischer Zweckbestimmung). Vysš. škola. 3. Quart. 1987. NK 86–17 (284).
[34] Ekspluatacija promyšlennych robotov sovmestno s technologičeskim oborudovaniem (Betrieb von Industrierobotern gemeinsam mit technologischen Anlagen). Vysš. škola 3. Quart. 1987. NK 86–17 (314).

msr 8542

messen · steuern · regeln

Herausgeber: Kammer der Technik, Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA)

Verlag: VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, Berlin, DDR-1020 PSF 201, Telegrammadresse: Technikverlag Berlin; Telefon: 28700; Telex: 0112228 techn dd

Verlagsdirektor: Dipl.-Ing. *Klaus Hieronimus*

Redaktion: Dr.-Ing. *Dietrich Werner*, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2870362)
Dr.-Ing. *Jürgen Wede*, Redakteur (Telefon: 2870374)

Gestaltung: *Karen Wohlgemuth* (Telefon: 2870288)

Lizenz-Nr.: 1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik

AN (EDV): 15936

Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft

Heftpreis: 4,— M, Abonnementpreis vierteljährlich 12,— M; Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebs BUCHEXPORT zu entnehmen.

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer", Bad Langensalza, 5820

Anzeigenannahme: Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigen-Annahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, 1020. Anzeigenpreisliste Nr. 7; Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, Hermann-Duncker-Str. 89, Berlin, DDR-1157

Bezugsmöglichkeiten:

DDR: sämtliche Postämter

SVR Albanien: Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Rruga Konference e Pezes, Tirana

VR Bulgarien: Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia

VR China: China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P.O. Box 88, Beijing

ČSSR: PNS — Ústřední Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezská 11, 12000 Praha 2, PNS, Ústředná Expedicia a Dovoz Tlače, Posta 02288547 Bratislava

SFR Jugoslawien: Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzeće MLADOST, Ilica 30, Zagreb

Koreanische DVR: CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang

Republik Kuba: Empresa de Comercio Exterior de Publicaciones, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana

VR Polen: C.K.P. i W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa

SR Rumänien: D.E.P. Bucureşti, Piaţa scînteii, Bucureşti

UdSSR: Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' oder Postämter und Postkontore

Ungarische VR: P.K.H.I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P.O.Box 16, 1426 Budapest

SR Vietnam: XUNHASABA, 32, Hai Ba Trung, Hanoi

BRD und Berlin (West): ESKABE Komissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141–167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30

Österreich: Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, A-2345 Brunn am Gebirge

Schweiz: Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich

Alle anderen Länder: örtlicher Buchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, Postfach 160, Leipzig, DDR-7010 und Leipzig Book Service, Talstraße 29, Leipzig, DDR-7010

Abnahmebedingungen

Die Redaktion veröffentlicht nur solche Beiträge, die noch an keiner anderen Stelle des In- und Auslandes in dieser Form erschienen sind oder bis zur Veröffentlichung erscheinen werden und die die Verfasser bis zum Ablauf des ersten, dem Erscheinen folgenden vollen Kalenderjahres an keiner anderen Stelle veröffentlichen, ohne hierzu vorher die Zustimmung der Redaktion der Zeitschrift eingeholt zu haben. Mit der Abnahme und Veröffentlichung des Manuskriptes geht das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder auf den Verlag über. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung der Redaktion nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme u. a. von Heften der Zeitschrift, einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen. Ferner behält sich die Redaktion Änderungsvorschläge nach der Durcharbeitung der Beiträge vor. Beiträge müssen eine Kopie der Veröffentlichungsfreigabe des Betriebes bzw. der Institution enthalten.
Richtlinien für die Manuskriptgestaltung sind dem Heft 1 (S. 28) messen · steuern · regeln 1986 zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung dieser Gesichtspunkte garantiert eine baldige Bearbeitung und verzögerungsfreie Veröffentlichung der Arbeit in der Zeitschrift.

TU Dresden, Sektion Informationstechnik: Weiterbildung Automatisierungstechnik 1987

Die TU Dresden, Sektion Informationstechnik, Bereich Regelungstechnik und Prozeßsteuerung, plant in Zusammenarbeit mit dem ZKI der AdW, Institutsteil Dresden, und dem ZfK Rossendorf der AdW die Durchführung der folgenden Weiterbildungskurse:

- Aufbau, rechnergestützter Entwurf (CAD) und Applikation von Mikrorechner-Reglern
  30. März bis 3. April 1987, 30 Stunden,
  Anmeldung bis 30. November 1986
- Sicherheit und Zuverlässigkeit von Automatisierungssystemen
  6. bis 10. April 1987, 30 Stunden,
  Anmeldung bis 30. November 1986
- Entwurf von Mehrgrößenregelungen I. Theorie, Entwurfsgrundlagen
  11. bis 15. Mai 1987, 30 Stunden,
  Anmeldung bis 31. Januar 1987
- Entwurf von Mehrgrößenregelungen II. Dialogorientierter Entwurf (CAD)
  22. bis 26. Juni 1987, 30 Stunden,
  Anmeldung bis 28. Februar 1987
- Sensorsysteme für die Automatisierungstechnik — Fluidische Automatisierungsmittel
  29. Juni bis 3. Juli 1987, 30 Stunden,
  Anmeldung bis 28. Februar 1987
- Hierarchisch strukturierte Automatisierungssysteme
  7. bis 11. September 1987, 30 Stunden,
  Anmeldung bis 31. Mai 1987
- Überblick zu CAD-Lösungen für die Automatisierungstechnik
  24. bis 25. September 1987, 14 Stunden,
  Anmeldung bis 31. Mai 1987
- Rechnergestützte Automatisierung der experimentellen Forschung
  12. bis 16. Oktober 1987, 30 Stunden,
  Anmeldung bis 31. Mai 1987
- Rechnergestützter Entwurf von Binärsteuerungen
  7. bis 11. Dezember 1987, 30 Stunden,
  Anmeldung bis 31. August 1987
- Modellierung diskreter Prozesse
  Termin wird noch festgelegt, 3 Tage (18 Stunden).

Anmeldungen und Anfragen sind zu richten an:

Technische Universität Dresden,
Sektion Informationstechnik,
Stellvertreter des Direktors für Erziehung, Aus- und Weiterbildung
Mommsenstr. 13
Dresden
8027

1. Internationale Fachtagung „Lichttechnik"

Vom 7. bis 8. Januar 1987 findet in Berlin die 1. Internationale Fachtagung „Lichttechnik" statt.

Veranstalter: Fachverband Elektrotechnik in der Kammer der Technik, Wissenschaftliche Sektion Lichttechnik; Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" Berlin

Veranstaltungsort:
Berlin, Kongreßzentrum Palasthotel

Inhaltliche Schwerpunkte:

1. Neue Entwicklungen auf den Gebieten
   · Lampen und Strahler
   · Leuchten und Bestrahlungseinrichtungen
   · Zünd-, Vorschaltgeräte und Zubehör
   · Beleuchtungsanlagen
2. Rationelle Energieanwendung durch
   · Einsatz hocheffektiver Lampen, Strahler und Anlagen
   · Fertigung geeigneter beleuchtungstechnischer Standardisierungs- und Projektierungsvorschriften
3. Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Licht- und Strahlungsmeßtechnik
4. Neueste Erkenntnisse der Grundlagenforschung auf den Gebieten
   · Erzeugung optischer Strahlung
   · Licht- und Strahlungsquellen
   · Geräte und Vorrichtungen zum Betreiben von Licht- und Strahlungsquellen, Anwendungen
   · Tendenzen in der Grundlagenforschung der optischen Strahlungstechnik, Bedeutung für neue Schlüsseltechnologien
5. Einsatz der Mikroelektronik und Rechentechnik bei der Erzeugnisentwicklung von optischen Strahlungsquellen und Leuchten und in der Beleuchtungstechnik, insbesondere bei Projektierungsaufgaben (CAD).

Vortragsmeldungen mit Angabe des Themas und maximal 10 Zeilen zum Vortragsinhalt sind bis zum 17. Oktober 1986 an den Fachverband Elektrotechnik zu richten. Teilnahmemeldungen richten Sie bitte ebenfalls *schriftlich* an:

Kammer der Technik
— Präsidium —
Fachverband Elektrotechnik
Postfach 1315
Berlin
1086.

8. Zuverlässigkeitstagung

Im Mai 1987 findet in Leipzig die 8. Zuverlässigkeitstagung (mit internationaler Beteiligung) zum Thema „Qualitätssicherung und Zuverlässigkeitsarbeit für Schlüsseltechnologien" statt. Veranstalter ist die Wissenschaftliche Sektion Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit im Fachverband Elektrotechnik der Kammer der Technik.

Inhaltliche Schwerpunkte:

1. Theoretische Grundfragen der Zuverlässigkeitstechnik
   · Modellierung der Zuverlässigkeit technischer Systeme
   · Systeme mit mehreren Niveaus der Funktionstüchtigkeit (Leistungssysteme, Funktionseffektivität, Importanzanalyse)
   · Zuverlässigkeit von Netzen
   · Fehlertolerante Systeme
2. Ausfallmechanismen und Ausfallanalyse
   · Screeningmethoden
   · Beschleunigung der Ausfallmechanismen
   · Methoden der Fehleranalyse
3. Fertigungsprozeß und Zuverlässigkeit
   · Einfluß der Technologie auf die Zuverlässigkeit der Erzeugnisse
   · Zuverlässigkeit von Fertigungsprozessen
4. Zuverlässigkeit unter Umgebungsbeanspruchungen
   · Konstruktive und prüftechnische Zuverlässigkeitssicherung bei mechanisch und klimatisch beanspruchten Erzeugnissen
   · Degradations- und Störmechanismen für umweltbeanspruchte Bauteile und Geräte
   · Klassifizierung von Umgebungseinflüssen und Ableitung zugeordneter Prüfschärfen
5. Qualität der Software
   · Grundfragen (Qualitätsmerkmale, Bewertung, Schnittstellen zur Hardwarequalität)
   · Qualitätssicherung im Prozeß der Softwareherstellung und -nutzung.

Vortragsmeldungen mit einer Inhaltsangabe des Vortrags von maximal 10 Zeilen sind bis zum 20. November 1986 an den Fachverband Elektrotechnik zu richten.
Teilnahmemeldungen richten Sie bitte ebenfalls *schriftlich* an:

Kammer der Technik
— Präsidium —
Fachverband Elektrotechnik
Postfach 1315
Berlin
1086.

Vielseitiges Meßinstrument

Die Westberliner Fa. Createc GmbH hat unter Bezeichnung *SCO 1* ein Meßinstrument auf den Markt gebracht, das als Digitaloszilloskop, Transientenrecorder, Frequenzzähler, Sampling-Oszilloskop und Digitalvoltmeter arbeiten kann.
Trotz geringer Abmessungen (26 × × 10,5 × 4 cm³) zeigt das Gerät beachtliche Leistungen. In der Oszilloskop-Funktion wird eine Grenzfrequenz von 20 MHz bzw. eine Auflösung von 50 ns erreicht. Im Transientenrecorder-Modus stehen neun nichtflüchtige Speicher für je 256 horizontale Bildpunkte zur Verfügung. Der Voltmetermeßbereich beträgt 0 ... 60 V im Frequenzbereich 1 Hz bis 1 MHz. Der Frequenzzähler bietet einen Meßbereich bis 6 MHz mit einer Genauigkeit von 0,05 Prozent. Als Anzeige dient eine 6 × 6 cm² große LCD-Anzeige mit 128 × 128 Bildpunkten. Das Gerät arbeitet mit vier Mikroprozessoren.

ISSN 0026-0347, mess., steuern, regeln
Berlin 29 (1986) 10, S. 433—480

Neuerscheinungen



Ingenieurarbeit, schöpferisch und effektiv

Von Prof. Dr. rer. oec. habil. Walter Draeger.

168 Seiten, 47 Bilder, 33 Tafeln, Broschur, DDR 14,— M, Ausland 14,— DM.
Bestellangaben: 5535500/Draeger, Ingenieurarbeit

Ausgehend von der historischen Entwicklung und Herausbildung der Ingenieurtätigkeit analysiert der Autor ihre Besonderheiten und Perspektiven als Teil der produktiven Arbeit der Gesellschaft. Er untersucht das Schöpfertum in der Ingenieurarbeit, ihren Inhalt, ihre Bedingungen und Wirkungen und entwickelt aus der Vielzahl der Methoden eine Methodik schöpferischer Ingenieurarbeit. Aus dem Inhalt, der gegenwärtigen Stellung und den Perspektiven der Ingenieurarbeit in der sozialistischen Gesellschaft werden Konsequenzen für deren Bewertung und Stimulierung sowie für die Ausbildung von Ingenieuren an Hoch- und Fachschulen abgeleitet.

BASIC für Mikrorechner

Programmentwicklung, Sprachelemente, Anwendungen

Von Dr. sc. techn. Dieter Werner. 240 Seiten, 70 Bilder, 22 Tafeln, Broschur, DDR 25,— M, Ausland 35,— DM. Bestellangaben: 5536087/Werner, Basic

Der Nutzerkreis von BASIC ist sehr vielschichtig. Das Buch nimmt darauf Rücksicht. Der Leser wird einleitend mit dem Aufbau und der Funktionsweise von Rechnern vertraut gemacht und in die Methodik der Programmentwicklung eingeführt. Anschließend werden die Besonderheiten beim Arbeiten mit BASIC dargelegt und es wird eine systematische Einführung in BASIC vermittelt. Bei der Behandlung der verschiedenen Sprachelemente wird stets elementar begonnen und der Schwierigkeitsgrad allmählich erhöht.
Im Text sind zahlreiche Programmbeispiele enthalten. Manche dienen zum Experimentieren mit dem BASIC-Interpreter. Andere sollen den Einsatz bestimmter Sprachelemente demonstrieren. Anfangs werden diese Programme durch Programmabläufe ergänzt. In dem Maße, wie dem Leser die Formulierung von Algorithmen in einer Programmiersprache geläufig wird, können diese Anschauungshilfen entfallen. Am Ende des Buches sind einige umfangreichere Programmbeispiele zu verschiedenen Themenkreisen zusammengestellt. Sie sollen die Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten zeigen und zu eigener Arbeit anregen.

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel

Ab Januar 1987:

Mikroprozessortechnik

Zeitschrift für Mikroelektronik · Computertechnik · Informatik

Erscheint monatlich, 32 Seiten, DDR je Heft 5,— M, Ausland jährlich 96,— DM.

Abonnements durch die Deutsche Post.

Anliegen der Publikation ist es, Entwickler und Anwender von Hard- und Software aktuell und umfassend über Entwurf und Applikation mikroelektronischer Bauelemente und Systeme — vorwiegend auf dem Gebiet der Computertechnik — zu informieren. In Übersichts- und Fachbeiträgen werden neueste Erkenntnisse und Erfahrungen u. a. zu folgenden Themen vermittelt: Schaltkreisfamilien, Mikrocomputersysteme, Entwurfs-, Konstruktions- und Technologenarbeitsplätze (CAD/CAM), Expertensysteme, Rechnernetze, Computergrafik sowie zu Betriebssystemen und Programmiersprachen. Beispielsweise beginnt im ersten Heft ein Lehrgang über die Programmiersprache C.
Für Informationen über Personal- und Kleincomputer ist eine spezielle Rubrik vorgesehen.
Die Zeitschrift will breiteste Leserkreise erreichen — sowohl „Einsteiger“ als auch Spezialisten. Dementsprechend werden leichtverständliche Einführungsartikel ebenso wie Fachbeiträge mit hohem wissenschaftlichen Niveau veröffentlicht.



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN